



(10) **DE 103 52 860 B4** 2013.10.31

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 52 860.1**
 (22) Anmeldetag: **10.11.2003**
 (43) Offenlegungstag: **09.06.2005**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **31.10.2013**

(51) Int Cl.: **G01L 23/22 (2006.01)**
G01H 1/00 (2006.01)
F02P 17/12 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und
 Verkehr, 10587, Berlin, DE**

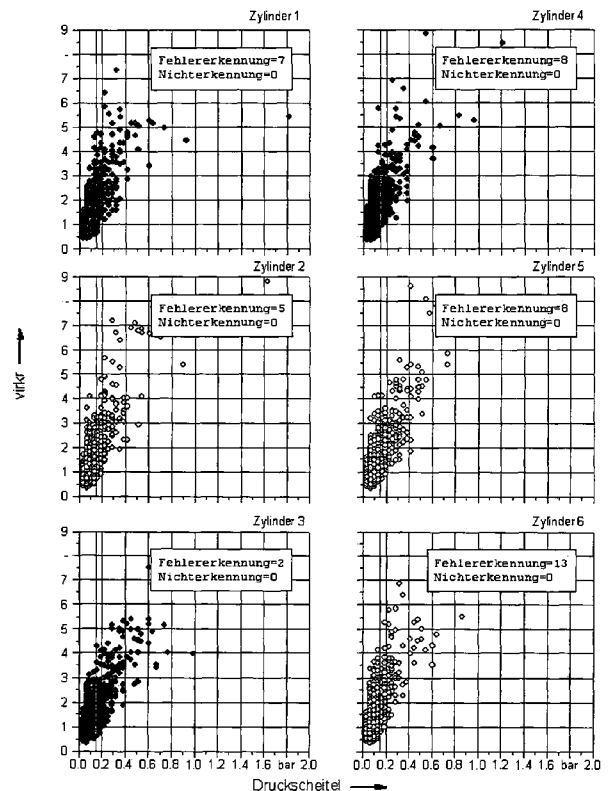
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

(72) Erfinder:
Schaarschmidt, Hendrik, 09385, Lugau, DE;
Schilling, Heiko, 09337, Hohenstein-Ernstthal, DE;
Stahr, Alexander, 09130, Chemnitz, DE

DE	197 41 884	C2
DE	41 00 689	A1
DE	695 16 380	T2
US	5 313 826	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Auswertung miteinander korrelierender Messdaten**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Auswertung miteinander korrelierender Messdaten für die Klopferkennung, die im Betrieb einer Brennkraftmaschine an dieser aufgenommen werden, wobei die Messdaten drehzahl- und/oder lastabhängig aufgenommen werden, und von wenigstens einem Körperschallsensor und/oder wenigstens einem Zylinderdrucksensor und/oder wenigstens einer Sensorik zur Messung des Ionenstroms stammen dadurch gekennzeichnet, dass die für eine bestimmte Last und/oder Drehzahl aufgenommenen Messdaten entsprechend einer Rasterung klassiert werden und entsprechend der Klassierung eine die Lage der Messpunktwolke beschreibende mathematische Funktion gebildet wird, wobei aus den zur jeweiligen Klasse gehörenden Messdaten jeweils ein Mittelwert der jeweiligen Klasse gebildet wird wobei die mathematische Funktion die Mittelwerte der aufeinanderfolgenden einzelnen Klassen approximiert, wobei anhand der die Funktion beschreibenden Parameter ein oder mehrere Gütekriterien für die Klopferkennung der Brennkraftmaschine gebildet werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auswertung miteinander korrelierender Messdaten zur Bestimmung von Gütekriterien für eine Klopferkennung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 bzw. 4.

[0002] Der Begriff Klopfen bezeichnet bei Verbrennungsmotoren eine Erscheinung bei der ottomotorischen Verbrennung, bei der durch lokale Selbstzündung eines Kraftstoff-Luftgemisches ein hoher Verbrennungsdruck mit hohem Druckgradient im Brennraum des Motors erzeugt wird. Ein Kraftstoffgemisch entzündet sich selbst an heißen Stellen des Brennraums, z. B. in der Nähe des Auslassventils spontan. Der durch die schlagartige Verbrennung auftretende hohe Druck im Zylinder kann zur Schädigung des Motors führen und muss daher durch die Motorsteuerung/Klopfregelung vermieden werden. Die Steueralgorithmen heutiger Serienmotoren weisen eine Klopfregelung auf, die beim Auftreten von Klopfereignissen beispielsweise eine Zündwinkelkorrektur vornimmt, so dass durch eine spätere Zündung des Gemisches die Anzahl bzw. die Intensität der Klopfereignisse reduziert wird. Für eine sichere Erkennung der Klopfereignisse sowie eine zuverlässige Regelung zur Vermeidung motorschädigender Klopfereignisse bei gleichzeitigem Betrieb des Motors mit optimalem Wirkungsgrad ist zur Ermittlung der signaltechnischen Parameter der jeweiligen Motorentypen ein hoher versuchstechnischer Aufwand notwendig. Für die Erkennung der Klopfereignisse sind verschiedene Sensoren und Messprinzipien vorbekannt. Eine Möglichkeit der Erkennung beruht auf den von Klopfereignissen verursachten mechanischen Schwingungen, die über den bei der schlagartigen Verbrennung hervorgerufenen Körperschall mit Hilfe von am Motor angeordneten Beschleunigungssensoren messbar sind. Im Stand der Technik ist eine Reihe von Verfahren zur Auswertung der Körperschallereignisse vorbekannt, so z. B. die Auswertung spezieller Frequenzbänder zu bestimmten Kurbelwinkelbereichen des Verbrennungstaktes, die Signalaufbereitung und Auswertung mittels Integral o. Spitzenwerten, die Nutzung von Mittelwerten etc. Die Erkennung von Klopfereignissen mittels Körperschall ist von den Eigenschwingungen der Bauteile der Brennkraftmaschine überlagert, was eine aufwendige Trennung der für das Klopfen kennzeichnenden Frequenzen und eine Anpassung der jeweiligen Auswertalgorithmen an den jeweiligen Motortyp erfordert. Diese kann durch die Verwendung einer zweiten Sensorik, z. B. eines Brennraumdrucksensors (wie nachfolgend beschrieben) unterstützt werden, um die vom Körperschallsensor erkannten Klopfereignisse durch ein weiteres, für die Klopferkennung relevantes Messsignal zu validieren.

[0003] Vorbekannt ist die Auswertung von Klopfereignissen mittels der Messung des im Brennraum herrschenden Drucks. Für diese Aufgabe werden Brennraumdrucksensoren in den Brennraum eingesetzt. Diese Messtechnik wird vorzugsweise am Prüfstand für die Applikation der Parameter der Motorsteuerung verwendet. Es werden dabei im Brennraum auftretende Druckschwingungen ausgewertet, wobei insbesondere hochfrequente Anteile des Drucksignals kennzeichnend für klopfende Verbrennung sind.

[0004] Beispielhaft ist für die Klopferkennung im Stand der Technik die DE 695 16 380 T2 zu nennen, bei der an einem konfigurierbaren Klopferkennungssystem sowohl Körperschall aufnehmende Beschleunigungssensoren, als auch den Brennraumdruck aufnehmende Drucksensoren angeordnet sind. Es erfolgt wahlweise gemäß der Konfiguration des Klopferkennungssystems eine Erkennung über eine oder beide Sensorarten.

[0005] Weiterhin vorbekannt ist aus der DE 197 41 884 C2 ein Verfahren zur Bestimmung des Brennraumdrucks aus dem Körperschallsignal. Bei diesem Verfahren wird über ein neuronales Netz aus dem, mit bekannten Mitteln der Signalverarbeitung, z. B. Maximalwertauswertung, Integralwertfassung etc., verarbeiteten Körperschall das Brennraumdrucksignal nachgebildet. Die Methoden und Parameter der Signalverarbeitung, wie Messfenster und Filtermittelfrequenzen etc. werden so optimiert, dass Körperschall- und Brennraumdrucksignal möglichst gut korrelieren. Das Verfahren dient dazu, aus dem Körperschallsignal das dem Klopfen äquivalente Brennraumdrucksignal zu reproduzieren, um ohne die Verwendung eines Brennraumdrucksensors dieses für die Güte der Verbrennung kennzeichnende Signal zu generieren.

[0006] Für die Adaption der Erkennung von Klopfereignissen sowie die Optimierung der Klopfregelung sind zeit- und kostenaufwändige Versuche am Prüfstand oder im Betrieb des Motors im Fahrzeug erforderlich. Aufgrund des Auftretens von Klopfereignissen in niedrigen sowie in hohen Drehzahlbereichen (Beschleunigungsklopfen bzw. Hochgeschwindigkeitsklopfen) muss eine Betrachtung der Klopfereignisse über weite Drehzahlbereiche erfolgen. Stand der Technik ist, dass Druck- und Körperschallsignale über eine Vielzahl von Verbrennungstakten bei einer festgelegten Drehzahl zylinderindividuell aufgenommen und nachfolgend von Hand ausgewertet werden. Es wird dabei das Signal des Brennraumdrucksensors sowie des Körperschallsensors für das jeweilige Arbeitsspiel aufgenommen, einer Signalverarbeitung z. B. Mittelwert- oder Spitzenwertberechnung unterzogen und nachfolgend abgespeichert, wobei durch die Menge der aufgenommenen Messdaten eine Messpunktwolke entsteht, die nach-

folgend mit dem Erfahrungswissen des Fachmannes ausgewertet wird. Es erfolgt nacheinander die Auswertung der jeweiligen Messpunktvolke pro Zylinder zu der jeweiligen Drehzahl. Die Auswertung ist durch die Vielzahl der verwendeten Diagramme unübersichtlich und zeitaufwändig sowie ohne die Generierung reproduzierbarer Parameter von der subjektiven Beurteilung des Anwenders abhängig.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Auswertung von miteinander korrelierenden Messdaten einer Brennkraftmaschine zu schaffen, bei dem Gütekriterien der Klopfkennung aus einer Vielzahl aufgenommener Messwerte automatisch erzeugt werden.

[0008] Diese Aufgabe wird bei gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 und 4 gelöst.

[0009] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden in der Zeichnung anhand von schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen beschrieben.

[0010] Hierbei zeigen:

[0011] Fig. 1: zylinderindividuell jeweils ein Diagramm der absoluten Amplitudenmaxima des hochpassgefilterten Brennraumdrucksignals einzelner Verbrennungen sowie der zeitlich zugehörigen Resultate der Körperschallauswertung für eine Drehzahl von 2000 Umdrehungen pro Minute,

[0012] Fig. 2: zylinderindividuell jeweils ein Diagramm der absoluten Amplitudenmaxima des hochpassgefilterten Brennraumdrucksignals einzelner Verbrennungen sowie der zeitlich zugehörigen Resultate der Körperschallauswertung für eine Drehzahl von 6000 Umdrehungen pro Minute,

[0013] Fig. 3: eine Darstellung der Klassierung der Messdaten mit erfindungsgemäßer Funktionsbildung,

[0014] Fig. 4: zeigt für einen Zylinder und eine Drehzahl von 2000 Umdrehungen pro Minute ein Diagramm der absoluten Amplitudenmaxima des hochpassgefilterten Brennraumdrucksignals einzelner Verbrennungen sowie der zeitlich zugehörigen Resultate der Körperschallauswertung mittels des Integralwertverhältnisses, wobei die für die Klopfkennung notwendigen Schwellwerte dargestellt sind,

[0015] Fig. 5: eine Darstellung der Funktionsparameter über der Drehzahl,

[0016] Fig. 6: eine Zuordnung verschiedener Motorparameter zur Beurteilung von deren Einfluss auf das Erkennungsergebnis.

[0017] Fig. 1 zeigt, jeweils getrennt für sechs Zylinder einer Brennkraftmaschine, ein Diagramm der absoluten Amplitudenmaxima des hochpassgefilterten Brennraumdrucksignals einzelner Verbrennungen sowie der zeitlich zugehörigen Resultate der Körperschallauswertung für eine Drehzahl von 2000 Umdrehungen pro Minute. Auf der x-Achse der für den jeweiligen Zylinder (Zylinder 1–6) aufgenommenen Diagramme ist der Druckscheitelwert des Zylinderinnendruckes in Bar aufgetragen. Die y-Achse weist für die jeweiligen Messpunkte das Verhältnis virkr des Integrals des Körperschallsignals zum Mittelwert des Körperschallsignals (Grundgeräusch) auf. Das Integral sowie der Mittelwert des Körperschallsignals werden jeweils über das gleiche Messfenster z. B. zwischen 10 und 50° Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Zylinders gebildet.

[0018] In den Diagrammen sind die jeweiligen Messpunktvolken für die einzelnen Zylinder, die über eine Vielzahl von aufgenommenen Messwerten entstehen, dargestellt. Die bisherige Methode nach dem Stand der Technik zur Auswertung der Messpunktvolken ist die Betrachtung durch einen erfahrenen Versuchsingenieur, der anhand der Lage sowie Streuung der Messwerte die Korrelation der Signale sowie die Klopfkennung mittels vorgegebener Schwellen bewertet. Diese Methode ist zeitaufwändig und in starkem Maße subjektiv durch das Erfahrungswissen geprägt. Insbesondere der steigende Automatisierungsgrad im Motorversuch zwingt dazu, für die weitere Auswertung dieser Messpunktvolken geeignete weiterverarbeitbare Parameter zu bilden. Fig. 2 zeigt eine Darstellung gemäß Fig. 1 bei einer Drehzahl von 6000 Umdrehungen pro Minute. Anhand der Lage der Messpunktvolke ist zu erkennen, dass über dem Drehzahlverlauf eine signifikante Veränderung der Korrelation von Brennraumdruck und Körperschallsignalen erfolgt. Für eine Auswertung bzw. Anpassung der Algorithmen zur Klopfkennung sind dem gemäß weite Drehzahlbereiche zu betrachten. Die dargestellte Methode der Einzelauswertung der Messpunktvolken für einzelne Drehzahlen ist dementsprechend zu aufwändig und aufgrund der subjektiven Bewertung für eine automatisierte Applikation nicht geeignet.

[0019] Fig. 3 zeigt eine Darstellung der Messdaten mit ihrer Klassierung und die daraus gebildete erfindungsgemäße Funktion zur mathematischen Beschreibung der Messpunktvolke. Dargestellt sind in einer vorgegebenen Rasterung (z. B. 0,05 Bar) die Druckscheitelwerte der jeweiligen Verbrennungen und die zugehörigen Verhältnisse virkr des Integralwertes des Körperschalls zu dessen Referenzwert (Mittelwert des Körperschallsignals – sog. Grundge-

räusch –) für eine Anzahl von Verbrennungstakten des Motors. Es ergibt sich damit eine Klassierung der Messpunkte in dem vorgegebenen Druckraster. Zur Beschreibung der jeweiligen Messpunktvolke wird pro Klasse (entspricht der Menge der zu dem vorgegebenen Druckscheitelwert gehörigen Verhältnisse des Integralwertes des Körperschalls zu dessen Referenzwert) der Mittelwert dieses Verhältnisses gebildet. Durch die so zu den jeweiligen Klassen (Druckwerten) gebildeten Mittelwerte wird eine mathematische Funktion, vorzugsweise eine Gerade gelegt, wobei deren Funktionsparameter bei der hier verwendeten Geradengleichung durch Anstieg und Nulldurchgang bestimmt und kennzeichnend für die Lage der Messpunktvolke sind. In der beispielhaften Ausführung werden die einzelnen Mittelwerte der Druckrasterung gleichberechtigt zur Bildung der Geraden herangezogen. Es ist zu sehen, dass sich in den Bereichen geringer Druckscheitelwerte die überwiegende Anzahl an Messwerten zeigt. Trotz dieses zahlenmäßigen Übergewichts der Messwerte mit geringem Druckscheitelwert ist es vorteilhaft für die Funktion, zur Beschreibung der Messpunktvolke die Mittelwerte gleichberechtigt zur Bildung der Funktion zu benutzen, da die Messwerte größeren Druckscheitels die für die Klopferkennung bedeutenden Messwerte sind. Gleichberechtigt wäre eine Auswertung der Mittelwerte der Klassierung gemäß ihrer Häufigkeit möglich, wobei für ein gutes Erkennungsergebnis die Mittelwerte der Klassen mit höheren Druckwerten stärker gewichtet werden müssten. Die gleichgewichtete Verwendung der Klassen stellt eine besonders günstige, einfache Auswertungsvariante dar. Die Geradengleichung zur Beschreibung der Messpunktvolke ist hier nur eine mögliche beispielhaft verwendete Funktion. Es sind Funktionen höherer Ordnung gleichberechtigt verwendbar, wobei die Beschreibung mittels einer Geraden ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel darstellt, da mittels weniger Parameter die Lage der Messpunktvolke beschreibbar ist.

[0020] Fig. 4 zeigt in einem Diagramm die Integralwertverhältnisse, d. h. die Verhältnisse des Integralwertes des Körperschalls zu dessen Referenzwert (Mittelwert des Körperschallsignals – sog. Grundgeräusch –), über dem dazugehörigen Druckscheitelwert des Zylinderinnendruckes. Anhand der beispielhaft dargestellten Messpunktvolke für eine Drehzahl von 2000 Umdrehungen pro Minute soll die Festlegung von Grenzwerten für die aus der Messpunktvolke ermittelten erfindungsgemäßen Auswerteparameter erläutert werden. Die Messpunktvolke wird wie zu Fig. 3 erläutert mittels einer Geradengleichung für eine spezielle Drehzahl beschrieben. Beim bisherigen, auf der Auswertung der Gestalt der Messpunktvolke basierenden Verfahren wurde für die Optimierung der Klopferkennung und -regelung die Lage der Messpunktvolke zu den Schwellwerten Fehlererkennungsschwelle und 100% Erkennungsschwelle vor-

genommen. Die Fehlererkennungsschwelle und die 100% Erkennungsschwelle sind im Diagramm ebenfalls eingezeichnet. Die Fehlererkennungsschwelle schneidet dabei Messwerte unter einem vorgegebenen Mindestspitzendruck ab, um Fehlerkennungen zu vermeiden. Messpunkte, die unterhalb des Druckscheitelwertes der Fehlererkennungsschwelle liegen, sollen aufgrund des niedrigen Druckwertes nicht beachtet werden. Für die erfindungsgemäß zu bildenden Gütekriterien heisst das, diese Ereignisse müssen unterhalb der durch das Grenzverhältnis definierten Klopfschwelle liegen, da sonst ein unnötiger Steuereingriff der Klopfregelung erfolgt. Druckscheitelwerte, die oberhalb der 100% Erkennungsschwelle, hier bei einem Spitzendruck von 5 Bar, liegen, können zu Motorschäden führen. Diese Klopfereignisse müssen von der Klopfregelung erkannt werden, das heißt, sie müssen oberhalb der Klopfschwelle liegen.

[0021] Für das erfindungsgemäße Verfahren erfolgt die Beschreibung der Messpunktvolke anhand der Lage der Messpunktvolke, beispielsweise durch eine Geradengleichung. Im Diagramm sind die für die Auswertung der Parameter der Geradengleichung notwendigen Schwellwerte aufgetragen. Es werden für die erfindungsgemäßen Schwellwerte ein maximaler Anstieg als Fehlererkennungsschwelle und ein minimaler Anstieg als 100% Erkennungsschwelle als Geraden vom Koordinatenursprung zu den Schnittpunkten von Grenzverhältnis und den Erkennungsdruckschwellen definiert. Der Schnittpunkt der jeweiligen Geraden, welche die erfindungsgemäßen Fehlererkennungsschwellen darstellen, wird von dem jeweiligen Druckschwellwert und dem K-Faktor gebildet. Der K-Faktor stellt dabei eine definierte Erkennungsschwelle dar. Er bezeichnet ein Verhältnis des Integralwertes des Körperschalls zu dessen Referenzwert (Mittelwert des Körperschallsignals – sog. Grundgeräusch –), das über 3 liegt. Die Schwelle ist jeweils vorgebbbar, wobei Erfahrungswerte zeigen, dass bei einer Überhöhung des Integralwertes des Körperschallsignals mehr als 2,5- bis 3fach über dem Grundgeräusch Klopfereignisse vorliegen. Diese Anstiege entsprechen den Schwellwerten im oberen Diagramm der nachfolgenden Fig. 5.

[0022] In dieser sind die Einzelschwellwerte als Funktion der Drehzahl aufgetragen. Fig. 4 stellt das Bindeglied für eine spezielle Drehzahl zur Darstellung der Parameter in der Fig. 5 dar.

[0023] Fig. 5 zeigt eine Darstellung der Parameter der Funktion zur Beschreibung der Messpunktvolke. Anhand des Beispiels einer Geradengleichung sind Anstieg und Nulldurchgang der Funktion über Drehzahlwerten zwischen 1000 und 7000 Umdrehungen pro Minute dargestellt. Mit der gewählten Darstellungsform sind somit die Messpunktvolken über den gesamten Drehzahlbereich auswertbar. Für eine Parametrierung der Klopferkennung sowie Klopfre-

gelung können Schwellwerte für die jeweiligen Funktionsparameter genutzt werden. Im Diagramm des Funktionsanstieges (oberes Diagramm) sind jeweils Funktionen für die obere bzw. untere Grenze des Parameters eingetragen. Es kann damit eine automatische Auswertung der Messpunktvolke gemäß der so vorgebbaren Schwellwertfunktion erfolgen. Im mittleren Diagramm der Figur sind die Nulldurchgänge der Funktion zur Beschreibung der Messpunktvolke gleichfalls über der Drehzahl aufgetragen. Eine Definition von Schwellwertfunktionen, zwischen denen sich der Parameter bewegen muss, ist hier gleichfalls möglich. Das untere Diagramm zeigt den Korrelationskoeffizienten zwischen den Resultaten der Körperschallsignalauswertung und dem hochpassgefilterten absoluten Druckscheitelmaximum als Funktion über der Drehzahl. Anhand dieser Darstellung ist die Korrelation der verwendeten Signalgewinnungsverfahren bewertbar. Es kann daher in einfacher Weise die Anpassung der Signalauswertung der jeweiligen Messprinzipien zueinander erfolgen, so dass eine möglichst gute Korrelation über den gesamten Drehzahlbereich gesichert wird. Der obere Graph zeigt dabei die Zielvorgabe für den Korrelationskoeffizienten. Die erfindungsgemäße Auswertung macht es möglich, im automatisierten Prüfstandsgebiet eine Parameteroptimierung der Klopfkennung vorzunehmen, bis die gewünschte Zielfunktion erreicht ist.

[0024] Fig. 6 zeigt eine Zuordnung verschiedener Motor- und Auswertungsparameter zur Beurteilung von deren Einfluss auf die Korrelation der Messwerte bzw. das Ergebnis der Klopfkennung. Die erfindungsgemäße Bewertung der Messpunktvolken erlaubt die Darstellung, z. B. des Korrelationsfaktors als Funktion über der Drehzahl. Es ist damit möglich, weitere Parameter der Auswertung des Auswertalgorithmus, z. B. die Messfenstergröße sowie weitere Motorparameter wie Last r_l und Nockenwellenstellung w_n in einem vergleichbaren Abbild zum Korrelationskoeffizienten darzustellen. Diese Darstellungsweise erlaubt eine komplexe Auswertung der Einflussfaktoren in Bezug zum Klopfkennungs- bzw. Klopfregelungsergebnis.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Auswertung miteinander korrelierender Messdaten für die Klopfkennung, die im Betrieb einer Brennkraftmaschine an dieser aufgenommen werden, wobei die Messdaten drehzahl- und/oder lastabhängig aufgenommen werden, und von wenigstens einem Körperschallsensor und/oder wenigstens einem Zylinderdrucksensor und/oder wenigstens einer Sensorik zur Messung des Ionenstroms stammen **dadurch gekennzeichnet**, dass die für eine bestimmte Last und/oder Drehzahl aufgenommenen Messdaten entsprechend einer Rasterung klassiert werden und entsprechend der Klassierung eine die Lage der Messpunktvolke beschreiben-

de mathematische Funktion gebildet wird, wobei aus den zur jeweiligen Klasse gehörenden Messdaten jeweils ein Mittelwert der jeweiligen Klasse gebildet wird wobei die mathematische Funktion die Mittelwerte der aufeinanderfolgenden einzelnen Klassen approximiert, wobei anhand der die Funktion beschreibenden Parameter ein oder mehrere Gütekriterien für die Klopfkennung der Brennkraftmaschine gebildet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Parameter der Funktion zur Bewertung über Last und/oder Drehzahl für verschiedene Last- bzw. Drehzahlzustände betrachtet werden und der Verlauf der Parameter der Funktion über Last und/oder Drehzahl als Gütekriterium für die Klopfkennung verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktion, welche die Lage der Messpunktvolke beschreibende mathematische Funktion eine Gerade ist, die durch die Parameter Anstieg und Nulldurchgang beschrieben wird und dass Schwellwerte für die jeweiligen Parameter für eine Optimierung der Signalauswertung bzw. Klopfkennung als Funktion der Drehzahl vorgegeben werden.

4. Verfahren zur Auswertung miteinander korrelierender Messdaten für die Klopfkennung, die im Betrieb einer Brennkraftmaschine an dieser aufgenommen werden, wobei drehzahl- und/oder lastabhängig eine Vielzahl von Messdaten aufgenommen werden, und von wenigstens einem Körperschallsensor und/oder wenigstens einem Zylinderdrucksensor und/oder wenigstens einer Sensorik zur Messung des Ionenstroms stammen, dadurch gekennzeichnet, dass Messdaten für die Klopfkennung mit wenigstens zwei verschiedenen Messprinzipien ermittelt werden und die Korrelation der Messsignale hinsichtlich der Klopfkennung als Funktion der Drehzahl bewertet wird indem eine Darstellung Parameter des Auswertalgorithmus der Messsignalauswertung zur Klopfkennung in einem vergleichendem Abbild zum Korrelationskoeffizienten dargestellt werden und eine Optimierung der Messsignalauswertung zu einer festlegbaren Mindestgüte der Korrelation der ausgewerteten Messsignale zueinander erfolgt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

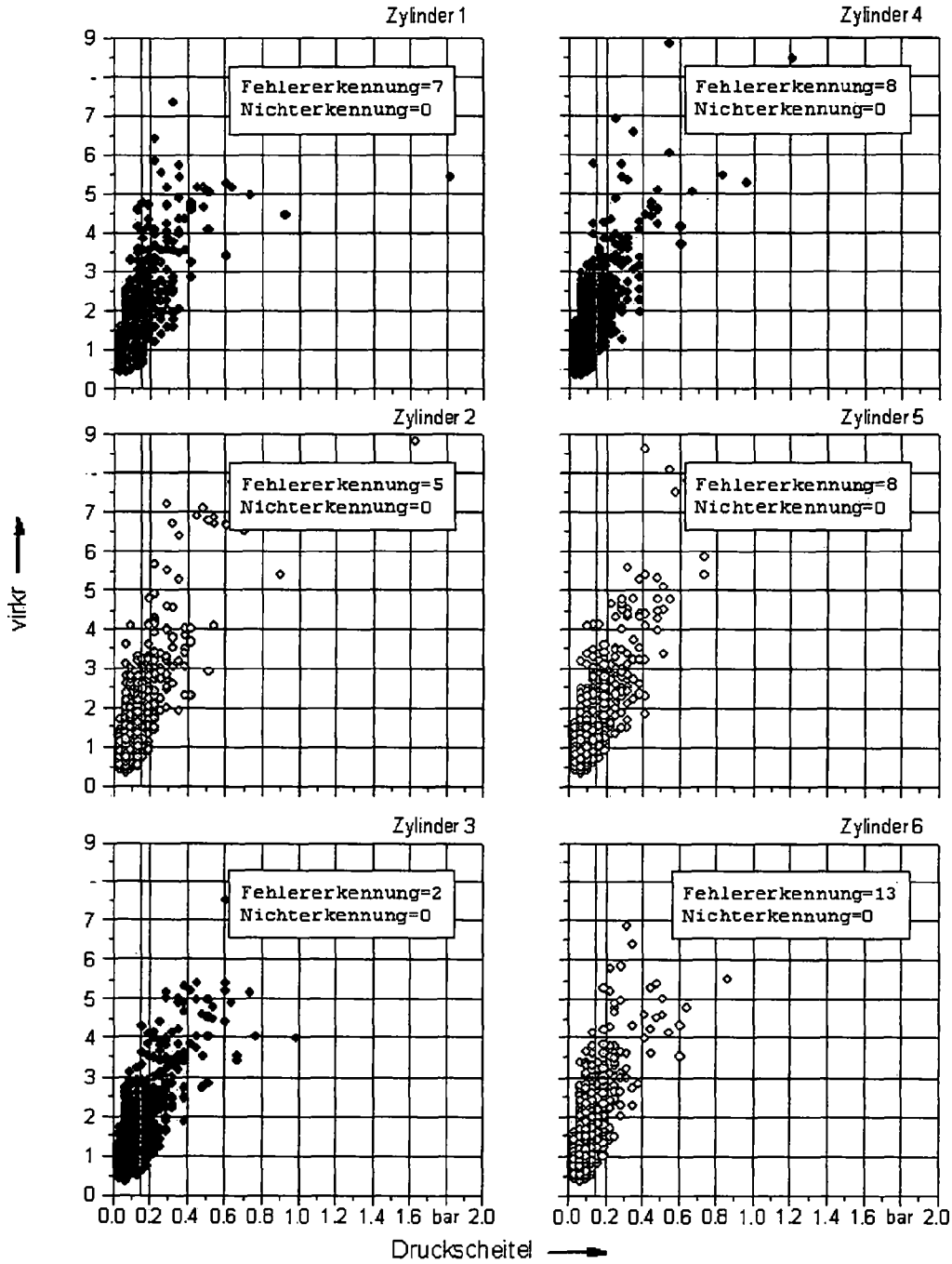


Fig. 2

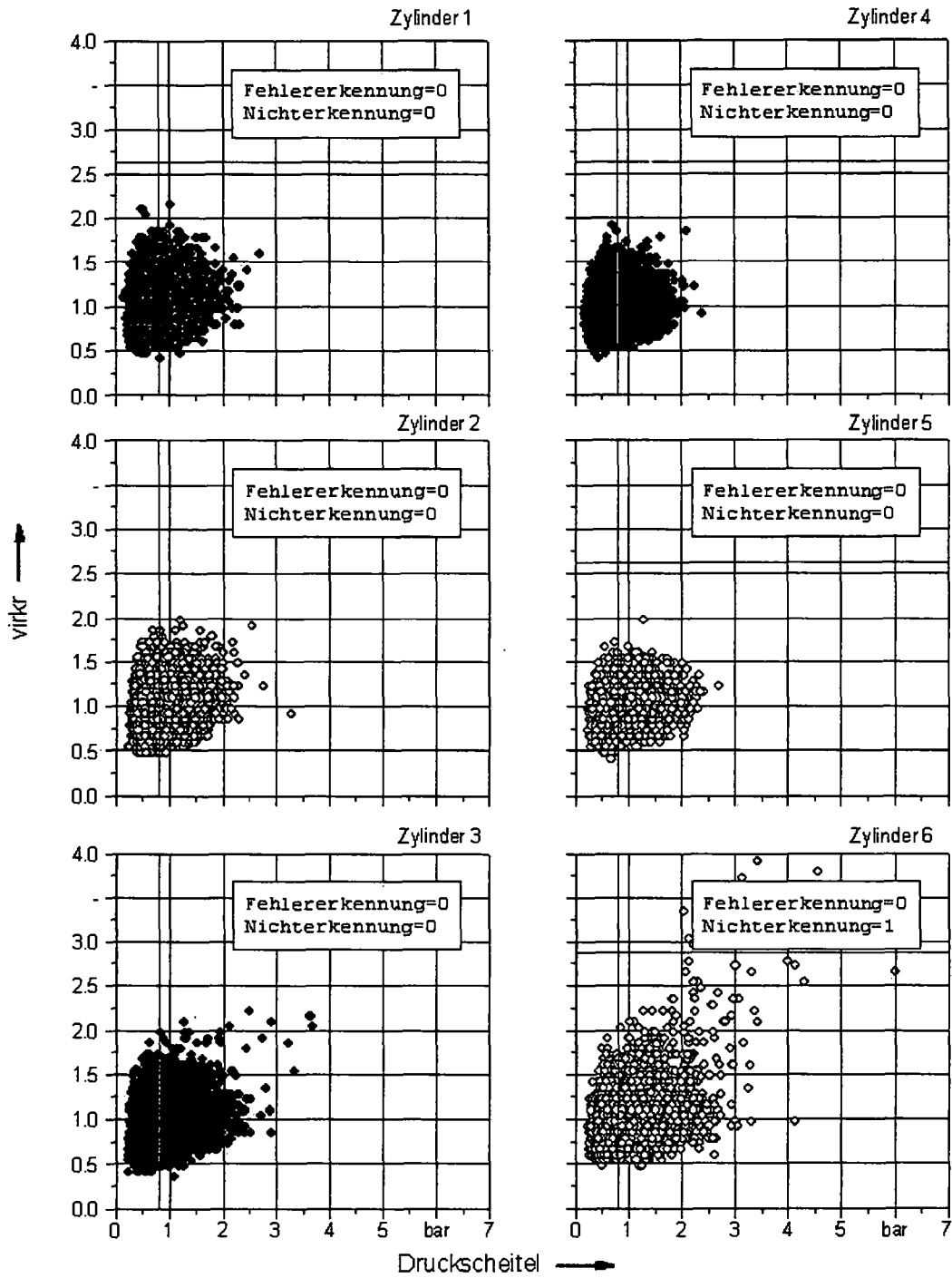


Fig. 3

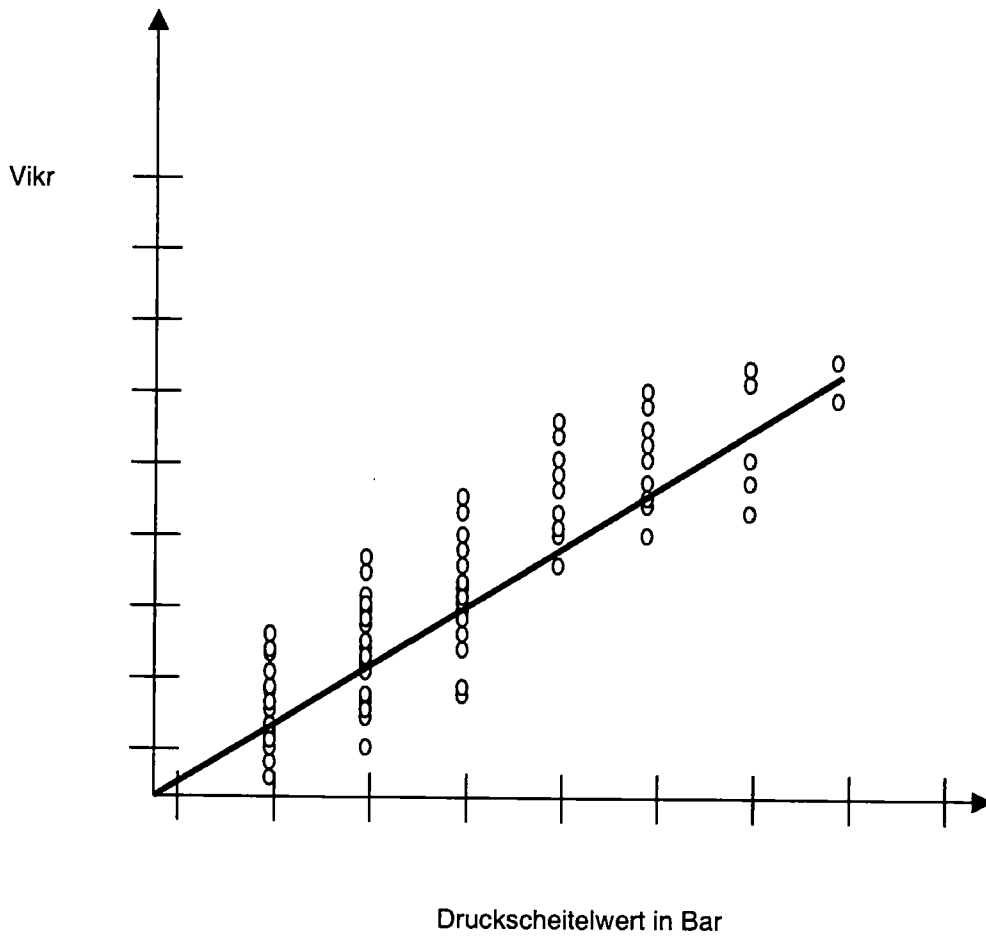


Fig. 4

Integralwertverhältnis (virkr)

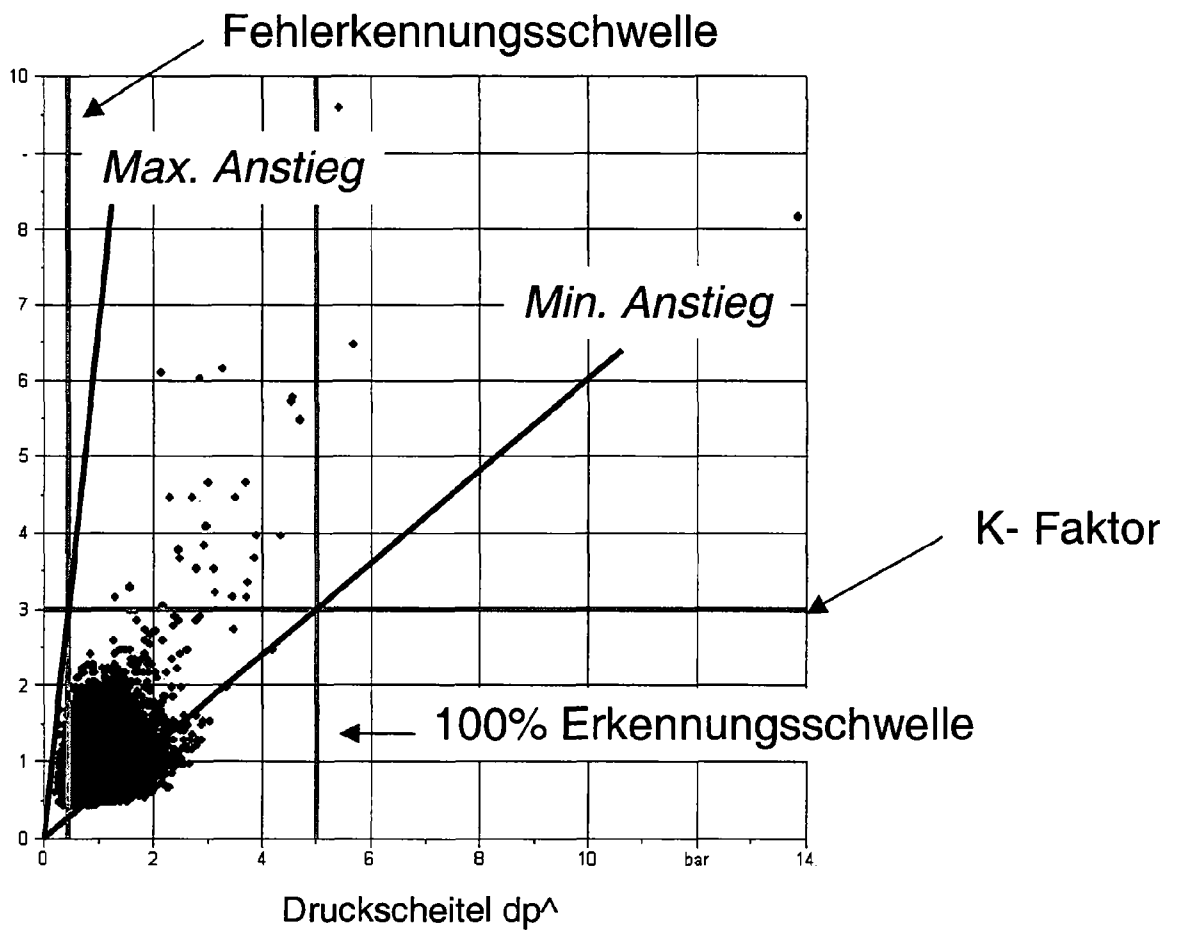


Fig. 5

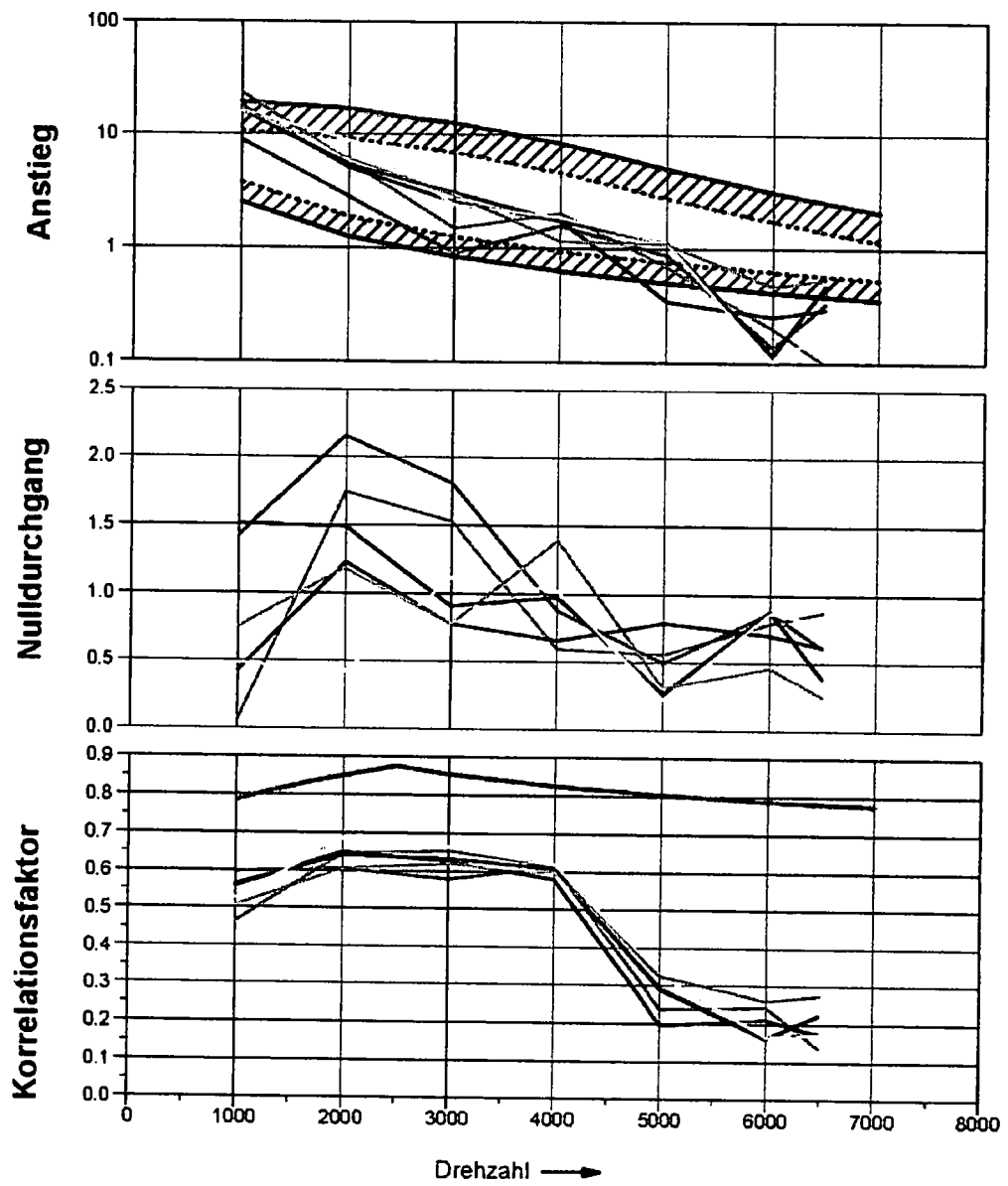


Fig. 6

