

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Dezember 2024 (12.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251429 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01P 21/02 (2006.01) G01D 5/244 (2006.01)
G01P 3/489 (2006.01) G01D 5/245 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/061390

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. April 2024 (25.04.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 114 888.5
06. Juni 2023 (06.06.2023) DE

(71) Anmelder: **ZF CV SYSTEMS GLOBAL GMBH**
[CH/CH]; Giacomettistrasse 1, 3006 Bern (CH).

(72) **Erfinder: LAAGES, Jörg**; Unter der Grube 12, 30890 Barsinghausen (DE). **KLOTZ, Eckard**; Auf dem Uhlenbrink 20, 31812 Bad Pyrmont (DE). **NIEBER, Stefan**; Dammtorfeld 34, 30982 Pattensen (DE). **DRASNER, Danny**; Margarethenstr. 18, 30826 Garbsen (DE).

(74) **Anwalt: COPI, Joachim**; Am Lindener Hafen 21, 30453 Hannover (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** ROTATION MEASURING APPARATUS, ROTATION MEASURING SYSTEM, VEHICLE AND METHOD FOR MEASURING THE ROTATION OF A ROTATING PART OF A VEHICLE

(54) **Bezeichnung:** DREHMESSEINRICHTUNG, DREHMESSSYSTEM, FAHRZEUG UND VERFAHREN ZUR DREHMESSUNG EINES ROTIERENDEN TEILS EINES FAHRZEUGS

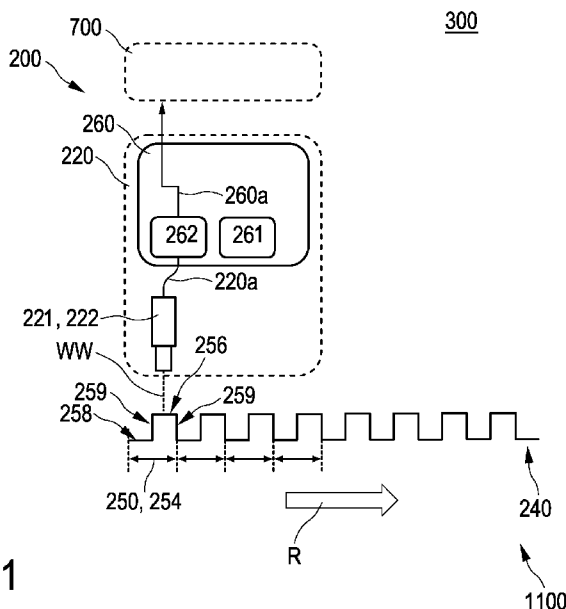


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a rotation measuring apparatus (200) and to a method for measuring the rotation of a rotating part (1100) of a vehicle (1000) by means of the rotation measuring apparatus (200). The invention provides: - a signal processing device (260) which is designed to record at least one piece of duration information (TI) of at least one measured feature (250) on the basis of an output signal (220a) of the rotation measuring sensor (220), wherein the at least one piece of duration information (TI) is based on a time interval (Z) required for the at least one measured feature (250) to pass the rotation measuring sensor (220) during the rotation movement (R); - a memory means (261) which is designed to store previously recorded pieces of duration information (TI) of at least one measured feature (250); and - a comparison unit (262) which is designed to compare pieces of duration information (TI) previously



QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthält in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

stored in the memory means (261) with current pieces of duration information (TI) of at least one measured feature (250) in order to record changes in the at least one measured feature (250) and/or the rotational measuring body (240).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Drehmesseinrichtung (200) und ein Verfahren zur Drehmessung eines rotierenden Teils (1100) eines Fahrzeuges (1000) mittels der Drehmesseinrichtung (200). Dabei ist eine Signalverarbeitungsvorrichtung (260) vorgesehen, die dazu ausgestaltet ist, mindestens eine Periodeninformation (TI) mindestens eines Messmerkmals (250) basierend auf einem Ausgangssignal (220a) des Drehmesssensor (220) zu erfassen, wobei die mindestens eine Periodeninformation (TI) auf einem Zeitintervall (Z) basiert, das das mindestens eine Messmerkmal (250) benötigt, um den Drehmesssensor (220) während der Drehbewegung (R) zu passieren, - einen Speicher (261), der dazu ausgestaltet ist, vorab erfasste Periodeninformationen (TI) mindestens eines Messmerkmals (250) zu speichern, und - eine Vergleichseinheit (262), die dazu ausgestaltet ist, in dem Speicher (261) vorab gespeicherte Periodeninformationen (TI) mit aktuellen Periodeninformationen (TI) mindestens eines Messmerkmals (250) zu vergleichen, um Änderungen des mindestens einen Messmerkmals (250) und/oder des rotativen Maßkörpers (240) zu erfassen.

Drehmesseinrichtung, Drehmesssystem, Fahrzeug und Verfahren zur Drehmessung eines rotierenden Teils eines Fahrzeugs

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Drehmesseinrichtung, ein Drehmesssystem, ein Fahrzeug und ein Verfahren zur Drehmessung eines rotierenden Teils eines Fahrzeugs.

Eine Erfassung einer Drehgeschwindigkeit oder Drehzahl eines rotierenden Teils eines Fahrzeugs erfolgt mittels einer Drehmesseinrichtung zur Messung einer Drehung eines rotierenden Teils. Die Drehmessvorrichtung kann einen Drehmesssensor und einen rotativen Maßkörper aufweisen, der eine Mehrzahl von Messmerkmalen umfasst. Die Messergebnisse der Drehmesseinrichtung können in einer Signalverarbeitungsvorrichtung ausgewertet werden.

Ein Messmerkmal kann je nach Bauart des rotativen Maßkörpers auf unterschiedliche Art ausgebildet sein. Der rotative Maßkörper kann beispielsweise eine geometrische, optische oder magnetische Maßverkörperung in Form von Messmerkmalen aufweisen.

Solche Drehmesseinrichtungen sind allgemein bekannt, insbesondere im Bereich von Maschinen und Fahrzeugen. Mittels einer Drehmesseinrichtung kann eine Drehrichtung, Drehgeschwindigkeit und weitere bewegungs- und/oder positionsbezogene Parameter eines rotierenden Teils, wie z.B. einer Welle oder eines Rads, bestimmt werden. Für eine Drehmesseinrichtung sind unterschiedlichste Drehmesssensoren bekannt, deren Sensorprinzip auf jeweils unterschiedlichem Messprinzip beruht, beispielsweise einem magnetischen, optischen oder induktiven Messprinzip. Bei einem magnetischen Messprinzip kann insbesondere mittels eines Hall-Sensors eine Spannungsänderung ausgegeben werden, die charakteristisch für eine momentane Lage eines Maßkörpers relativ zum Hall-Sensor ist. Ein Hall-Sensor ermöglicht vorteilhaft eine zuverlässige Positionsbestimmung unabhängig von der Drehzahl, insbesondere auch, wenn das rotierende Teil steht oder relativ langsam dreht.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Drehmesseinrichtung, ein Drehmesssystem und Verfahren zur Drehmessung eines rotierenden Teils eines Fahrzeugs vorzusehen, die eine verringerte Fehleranfälligkeit aufweisen.

Die Aufgabe wird durch eine Drehmesseinrichtung des Anspruchs 1, durch ein Drehmesssystem nach Anspruch 9, durch ein Fahrzeug nach Anspruch 10 und durch ein Verfahren zur Drehmessung eines rotierenden Teils gemäß Anspruch 11 gelöst.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung durch eine Drehmesseinrichtung für ein rotierendes Teil, bevorzugt für ein Fahrzeug, besonders bevorzugt für eine Welle oder ein Rad eines Fahrzeugs, gelöst. Die Drehmesseinrichtung weist erfindungsgemäß auf:

- einen rotativen Maßkörper, der eine Mehrzahl von Messmerkmalen entlang einer Kreisbahn des rotativen Maßkörpers aufweist und drehfest mit dem rotierenden Teil befestigbar ist,
- einen Drehmesssensor, der dazu ausgestaltet ist, mindestens eines der Messmerkmale während einer Drehbewegung des rotativen Maßkörpers durch Wechselwirkung des mindestens einen Messmerkmals mit dem Drehmesssensor zu erfassen und ein Ausgangssignals auf der Basis der erfassten Wechselwirkungen auszugeben, und
- eine Signalverarbeitungsvorrichtung, die dazu ausgestaltet ist, mindestens eine Periodeninformation mindestens eines Messmerkmals basierend auf einem Ausgangssignal des Drehmesssensor zu erfassen, wobei die mindestens eine Periodeninformation auf einem Zeitintervall basiert, das das mindestens eine Messmerkmal benötigt, um den Drehmesssensor während der Drehbewegung zu passieren,
- einen Speicher, der dazu ausgestaltet ist, vorab erfasste Periodeninformationen mindestens eines Messmerkmals zu speichern, insbesondere mittels eines Einlernvorgangs erfasste Periodeninformationen mindestens eines Messmerkmals zu speichern, und
- eine Vergleichseinheit, die dazu ausgestaltet ist, in dem Speicher die vorab erfassten und gespeicherten Periodeninformationen mit aktuellen Periodeninformationen der Messmerkmale zu vergleichen, um Änderungen, insbesondere Abweichungen, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen, bezüglich des mindestens einen Messmerkmals und/oder des rotativen Maßkörpers zu erfassen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe also kurz gesagt durch eine Drehmesseinrichtung mit einem Drehmesssensor, einem rotativen Maßkörper, einer Signalverarbeitungsvorrichtung, einem Speicher und einer Vergleichseinheit gelöst. Der Drehmesssensor dient der Erfassung von Messmerkmalen des rotativen Maßkörpers, wenn die Messmerkmale

des Maßkörpers aufgrund der Drehbewegung des Maßkörpers den Drehmesssensor passiert. Hierbei kommt es zu einer Wechselwirkung zwischen einem Messmerkmal und dem Drehmesssensor. Diese Wechselwirkung oder eine von der Wechselwirkung angeleitete Information wird durch das Ausgangssignal des Drehmesssensors ausgegeben.

Die Signalverarbeitungsvorrichtung erfasst Periodeninformationen mindestens eines Messmerkmals basierend auf dem Ausgangssignal des Drehmesssensors. Die mindestens eine Periodeninformation basiert auf einem Zeitintervall, welches das mindestens eine Messmerkmal benötigt, um den Drehmesssensor während der Drehbewegung zu passieren. Ferner ist ein Speicher, insbesondere ein Tabellenspeicher, vorgesehen, in welchem vorab (z.B. mittels eines Einlern-Vorgangs) erfasste Periodeninformationen des mindestens einen Messmerkmals gespeichert sind. Ferner ist eine Vergleichseinheit vorgesehen, die in dem Speicher vorab gespeicherte Periodeninformationen mit aktuellen Periodeninformationen von Messmerkmalen vergleicht, um Änderungen, insbesondere Fehler, Abweichungen, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen des mindestens einen Messmerkmals und/oder des rotativen Maßkörpers zu erfassen.

Optional können die vorab in dem Speicher gespeicherten Periodeninformationen der Messmerkmale des Maßkörpers bei einem Einlern-Vorgang erfasst werden und in dem Speicher abgelegt werden. Somit kann ein Kalibriervorgang durchgeführt werden. Anschließend können dann die aktuell erfassten Periodeninformationen der jeweiligen Messmerkmale mit den vorab gespeicherten Periodeninformationen verglichen werden. Wenn es zu einer Änderung oder Abweichung der jeweiligen aktuellen Periodeninformationen kommt, dann ist dies ein Hinweis dafür, dass ein Fehler oder eine Abweichung beim Messmerkmal und/oder beim Maßkörper vorhanden ist. Je nach Ausmaß der Abweichung kann dann optional der Maßkörper ausgetauscht werden oder ein Einlern-Vorgang kann erneut durchgeführt werden, so dass der derzeitige Zustand des Maßkörpers als neuer Vergleichs- bzw. Kalibrierzustand ausgewählt wird. Dies ist vorteilhaft, weil damit erreicht werden kann, dass ein Fehler in oder an dem Maßkörper nicht zu einem Fehler bei der Erfassung der Drehbewegung des rotierenden Teils führt. Vielmehr können vorhandene Fehler kompensiert werden.

Durch den Vergleich der Periodeninformationen der jeweiligen Messmerkmale des Maßkörpers mit den vorab gespeicherten Periodeninformationen kann ein lokaler Ver-

gleich der jeweiligen Periodeninformationen durchgeführt werden, so dass damit auch eine lokale Erfassung von Fehlern, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen erfolgen kann. Durch die lokalisierte Erfassung von Schäden in oder an dem Maßkörper können diese Fehler auch – in einer nachfolgenden Signalverarbeitung – lokalisiert und kompensiert werden, so dass eine Kompensation des Fehlers nicht zu einer Fehlinterpretation von anderen Messmerkmalen des Maßkörpers führt, die nicht von der Beschädigung oder Beeinträchtigung betroffen sind.

Durch die Erfassung und ggf. Kompensierung der Abweichungen, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen der Messmerkmale des Maßkörpers kann die Drehgeschwindigkeit oder Drehzahl des rotierenden Teils, an welchen der Maßkörper drehfest gekoppelt ist, exakt bestimmt werden. Ferner können Abweichungen, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen an dem Maßkörper für die weitere Erfassung der Drehzahl oder Drehgeschwindigkeit kompensiert werden.

Durch die orts aufgelöste Erfassung der Periodeninformationen der Messmerkmale kann eine Erfassung der Abweichungen, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen ortsabhängig verbessert werden.

Unter Änderungen bezüglich des mindestens einen Messmerkmals und/oder des rotativen Maßkörpers ist allgemein zu verstehen, dass Fehler, Abweichungen, Beschädigungen und/oder Ungenauigkeiten in den Messmerkmalen und/oder dem Maßkörper vorhanden sind. Derartige Fehler können zum Beispiel einen Taumelfehler darstellen, der vorliegt, wenn der rotative Maßkörper und/oder das rotierende Teil nicht mehr um eine Rotationsachse drehen, sondern eine abweichende Rotationsachse aufweisen. Des Weiteren können zum Beispiel Zahnfehler vorhanden sein, bei welchen ein Polkopf fehlt oder beschädigt ist oder bei welchen ein Poltal zumindest teilweise verstopft ist. Des Weiteren kann zum Beispiel ein Periodenfehler vorhanden sein, welcher durch eine ungleichmäßige Anordnung der Polköpfe oder Poltäler an dem Polrad hervorgerufen wird.

Während beim im Stand der Technik verwendeten Verfahren die Ausgangssignale des Drehmessensors gefiltert werden mussten, um Abweichungen zu kompensieren, ist eine derartige Filterung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht mehr notwendig, so dass der Verarbeitungsaufwand reduziert wird. Ferner kann eine aufgrund der Filterung erzeugte Verzögerung vermieden werden. Des Weiteren können auch durch Feh-

ler oder Abweichungen des Messmerkmals verursachte Messabweichungen detailliert untersucht werden.

Durch die Vorabspeicherung von Periodeninformationen der jeweiligen Messmerkmale in dem Speicher und durch den anschließenden Vergleich der gespeicherten Periodeninformationen mit aktuell erfassten Periodeninformationen kann der Verarbeitungsaufwand reduziert werden.

Durch den Vergleich der gespeicherten Perioden der Messmerkmale mit den aktuellen Perioden der Messmerkmale kann eine orts aufgelöste Erfassung von Ungenauigkeiten oder Beschädigungen erfolgen. Bei der Erfassung der Perioden bzw. bei dem Vergleich der erfassten Perioden mit in dem Speicher gespeicherten Perioden sollte darauf geachtet werden, dass die beiden Messungen bei unterschiedlicher Drehzahl erfolgt sein können, was vor dem Vergleich kompensiert werden sollte.

Anhand der Perioden der Messmerkmale kann eine (lokale) Drehgeschwindigkeit oder Drehzahl eines Maßkörpers ermittelt werden. Eine Abweichung dieser „lokalen“ Drehgeschwindigkeit oder Drehzahl kann ein Hinweis für eine Beschädigung oder Abweichung des Maßkörpers und insbesondere des Messmerkmals darstellen. Damit können lokale und plausible Drehgeschwindigkeiten oder Drehzahlen aufgrund von lokalen Schäden des Maßkörpers effektiv erfasst werden. Wenn anschließend ein erneuter Einlern-Vorgang durchgeführt wird und die jeweiligen Perioden der Messmerkmale in dem Speicher abgelegt werden, dann können die Auswirkungen derartiger Ungenauigkeiten oder Schäden kompensiert werden. Mit anderen Worten, eine lokale Ungenauigkeit bei der Periode, der Drehgeschwindigkeit oder der Drehzahl wird im nachfolgenden Verfahren nicht mehr als Abweichung oder Beschädigung angesehen, so dass diese Abweichung ignoriert werden kann.

Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen in oder an dem Maßkörper können in einer nachfolgenden Signalverarbeitung aufbereitet werden.

Die Periodeninformationen können auf dem Zeitintervall oder der Zeitdauer der Interaktion zwischen dem Drehmesssensor und einem Messmerkmal beruhen. Mit anderen Worten, die Zeitdauer einer Wechselwirkung zwischen dem Messmerkmal und dem Drehmesssensor wird bestimmt. Basierend auf der Zeitdauer (d.h. der Periode) können

Periodeninformationen bestimmt werden. Die ermittelten Periodeninformationen bilden die Grundlage für die Auswertung der Messmerkmale, also die Überprüfung, ob es Hinweise auf eine Beschädigung oder Beeinträchtigung von Messmerkmalen gibt.

Die Periodeninformationen der Messmerkmale können Perioden der Messmerkmale darstellen, die den Zeitintervallen einer Wechselwirkung zwischen einem Messmerkmal und dem Drehmesssensor entsprechen. Wenn das Messmerkmal als Polkopf-Poltal-Paarung eines Polrades ausgestaltet ist, dann entspricht die Periode des Messmerkmals dem Zeitintervall der Wechselwirkung des Polkopfes und des Poltals mit dem Drehmesssensor. Die Periode oder die Periodeninformationen können auch aus dem Ausgangssignal des Drehmessensors ermittelt werden. Die Periode des Messmerkmals kann dann der Periode des Ausgangssignals entsprechen. Da die Polkopf-Poltal-Paarung wiederkehrend auf einem Maßkörper (z.B. Polrad) angeordnet ist, wird auch das Ausgangssignal des Drehmessensors ein wiederkehrendes Ausgangssignal aufweisen. Das Ausgangssignal kann optional ein Ausgangssignal (Spannungssignal) eines Hall-Sensor oder ein Signal gemäß dem AK-Protokoll oder einem anderen Protokoll darstellen. Die Periode des Messmerkmals kann demnach der Periode des Drehmessensors-Signals entsprechen. Die Periode des Messmerkmals kann somit anhand der Ausgangssignale des Drehmessensors bestimmt werden.

Ein Polrad gemäß der Erfindung kann jeglichen Körper mit insbesondere rotationssymmetrischem Grundkörper und einer Anzahl von geometrischen Merkmalen aufweisen, welche den Abstand zu einem Drehmesssensor in Bezug auf die Drehbewegung variieren. Das Polrad weist vorzugsweise eine Mehrzahl von Polköpfen und Poltälern auf, welche als Polkopf-Poltal-Paar angesehen werden können. Vorzugsweise sind eine Mehrzahl von Polkopf-Poltal-Paarungen nacheinander auf dem Umfang des Polrades angeordnet, so dass abwechselnd ein Polkopf und ein Poltal vorgesehen sein können. Die Ausgestaltung der Polköpfe und/oder der Poltäler kann rechteckig ausgestaltet sein. Alternativ dazu kann auch eine andere Ausgestaltung wie beispielsweise eine sinusförmige Ausgestaltung möglich sein. Bevorzugt kann jedoch die rechteckige Ausgestaltung der Polköpfe und Poltäler sein, weil damit eine bessere Erfassung durch den Drehmesssensor erfolgen kann. Vorzugsweise ist ein Messmerkmal als eine Polkopf-Poltal-Paarung ausgestaltet. Alternativ dazu kann ein Messmerkmal auch aus einer Mehrzahl von Polkopf-Poltal-Paarungen ausgestaltet sein. Ferner kann ein Messmerkmal auch lediglich durch einen Polkopf oder durch ein Poltal ausgestaltet sein. Optional kann die

Breite aller Polköpfe als auch die Breite aller Poltäler entlang des Umfangs des Polrades gleich sein. Alternativ dazu können auch einzelne oder mehrere Polköpfe und/oder Poltäler eine Breite aufweisen, welche von der Standardbreite abweicht. Dies kann vorteilhaft sein, um eine Korrelation zwischen der Position der Polköpfe / Poltäler sowie dem Ausgangssignal des Drehmessensors zu erreichen. Wenn beispielsweise eine der Polkopf-Poltal-Paarungen anders ausgestaltet ist, dann wird sich dies in dem Ausgangssignal des Drehmessensors widerspiegeln, so dass eine Zuordnung der Polköpfe / Poltäler mit den Ausgangssignalen des Drehmessensors ermöglicht wird.

Der Maßkörper kann als dedizierter Körper oder Einheit (z.B. ein Polrad) zur Drehmessung ausgestaltet sein. Alternativ dazu kann eine bereits in einer anderen Funktion dienende Einheit (z.B. ein Zahnrad eines Getriebes) als Maßkörper zur Drehmessung verwendet werden.

Mit der vorgeschlagenen Drehmesseinrichtung können Änderungen, Fehler oder Abweichungen des rotativen Maßkörpers und/oder eines der Messmerkmale erfasst und ausgeglichen werden.

Bevorzugte Weiterbildungen der Drehmesseinrichtung gemäß dem Konzept der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen, welche die Drehmesseinrichtung gemäß dem Konzept der Erfindung weiterbilden im Rahmen der Aufgabenstellung und hinsichtlich weiterer Vorteile, was nachfolgend näher erläutert wird.

Die Drehmesseinrichtung kann als Ausgangssignal ein Datensignal mit einem Datenprotokoll, insbesondere einem AK-Datenprotokoll, ausgeben.

Die Periodeninformationen können einer Periode eines Messmerkmals entsprechen, das einem Zeitintervall gleicht, das das mindestens eine Messmerkmal benötigt, um den Drehmessensor während der Drehbewegung zu passieren.

Die Periodeninformationen können einer relativen Periode des Messmerkmals entsprechen, die sich aus einem Koeffizienten zwischen der gemessenen Periode des Messmerkmals und der tatsächlichen Periode ergibt. Damit kann die relative Periode, die von der tatsächlichen Drehzahl unabhängigen Periodeninformationen darstellen. Die tatsächliche Periode kann anhand von anderen Messdaten in dem Fahrzeug ermittelt

werden. Die bei einer Umdrehung des Maßkörpers erfassten Perioden der jeweiligen Messmerkmale können gemittelt werden und können dann die tatsächliche Periode darstellen. Mit anderen Worten, die tatsächliche Periode kann einer gemittelten Periode eines Messmerkmals entsprechen. Wenn alle Messmerkmale fehlerfrei und ohne Beeinträchtigungen sind, dann sollten die Perioden aller Messmerkmale gleich groß sein. Die relative Periode kann demnach den Koeffizienten oder das Verhältnis aus der für ein Messmerkmal erfassten Periode und der gemittelten Periode (tatsächliche Periode) darstellen. Insbesondere stellt die relative Periode eine Drehzahl unabhängige Periodeninformation dar.

Der Einlern-Vorgang für das Speichern von Periodeninformationen in dem Speicher kann bei einer konstanten Geschwindigkeit der Welle oder des Rades erfolgen.

Der rotative Maßkörper kann als Polrad ausgebildet sein und ein Messmerkmal kann einer Paarung aus einem Polkopf und einem Poltal entsprechen. Die Periode des Messmerkmals entspricht somit der Periode der Polkopf-Poltal-Paarung.

Das Messmerkmal kann eine Polkopf-Poltal-Paarung mit einem Verhältnis von 30% bis 60%, insbesondere 40%, Polkopf und 40% bis 70%, insbesondere 60%, Poltal aufweisen. Vorzugsweise haben alle Polköpfe die gleiche Breite. Vorzugsweise haben alle Poltäler die gleiche Breite. Die Aufteilung der Messmerkmale in Polköpfe und Poltäler ist vorteilhaft, da somit eine getrennte Analyse der Periodeninformationen der Polköpfe und der Poltäler ermöglicht wird. Dies ist ferner vorteilhaft, wenn die Periodeninformationen der gemessenen Messmerkmale mit den gespeicherten Periodeninformationen abgeglichen werden sollen.

Wenn das Erfassen der Messmerkmale durch den Drehmesssensor mit zeitlichen Informationen verknüpft wird, dann lassen sich anhand der Messergebnisse des Drehmessensors Rückschlüsse auf die Drehgeschwindigkeit, Drehrichtung etc. des Maßkörpers ziehen.

Zur Auswertung der Periodeninformationen können die Periodeninformationen für die Polköpfe und die Periodeninformationen für die Poltäler getrennt ausgewertet werden.

Eine Abweichung oder ein Fehler des Maßkörpers (z.B. Polrad) wie z.B. ein abgebrochener Polkopf oder ein gefülltes Poltal kann als Ausschlag in der Reihe der kompensierten Perioden sichtbar sein.

Die Erfindung führt in einem zweiten Aspekt auf ein Drehmesssystem, bevorzugt für ein Fahrzeug, aufweisend mindestens eine Drehmesseinrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung.

Die Erfindung führt in einem dritten Aspekt auf ein Fahrzeug, aufweisend eine Drehmesseinrichtung gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung. Das Fahrzeug ist vorzugsweise ein PKW oder ein Nutzfahrzeug.

Eine Drehmesseinrichtung oder ein Drehmesssystem kann besonders vorteilhaft in einem Fahrzeug eingesetzt werden, da durch die Signalverarbeitungsvorrichtung in verbesserter Weise eine geringere Fehleranfälligkeit der Drehmesseinrichtung erreicht wird. Dadurch kann insbesondere die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Fahrzeugs vorteilhaft erhöht werden.

Die Erfindung betrifft in einem vierten Aspekt Verfahren zur Drehmessung eines rotierenden Teils eines Fahrzeuges mittels einer Drehmesseinrichtung, welche einen rotativen Maßkörper, der eine Mehrzahl von Messmerkmalen entlang einer Kreisbahn des Maßkörpers aufweist und drehfest mit dem rotierenden Teil befestigt ist und einen Drehmesssensor aufweist. Dazu wurde mindestens eines der Messmerkmale während einer Drehbewegung des rotativen Maßkörpers durch Wechselwirkung des mindestens einen Messmerkmals mit dem Drehmesssensor erfasst. Ein Ausgangssignal wird auf der Basis der erfassten Wechselwirkungen ausgegeben. Mindestens eine Periodeninformation von mindestens einem Messmerkmal wird basierend auf einem Ausgangssignal des Drehmesssensor erfasst. Die mindestens eine Periodeninformation basiert auf einem Zeitintervall, das das mindestens eine Messmerkmal benötigt, um den Drehmesssensor während der Drehbewegung zu passieren. Vorab erfasste Periodeninformationen mindestens eines Messmerkmals werden in einem Speicher gespeichert. In dem Speicher vorab gespeicherten Periodeninformationen werden mit aktuellen Periodeninformationen mindestens eines Messmerkmals verglichen, um Änderungen des mindestens einen Messmerkmals und/oder des rotativen Maßkörpers zu erfassen.

Ein Messmerkmal kann je nach Bauart des rotativen Maßkörpers auf unterschiedliche Art ausgebildet sein. Der rotative Maßkörper kann beispielsweise eine geometrische, optische oder magnetische Maßverkörperung in Form von Messmerkmalen aufweisen. Neben der Erfassung eines kontinuierlichen Messsignals, das die momentane Drehposition des rotierenden Teils beschreibt, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, Messmerkmale über charakteristische, insbesondere zuverlässig erfassbare, Stellen am rotativen Maßkörper festzulegen. So kann ein Messmerkmal an einer Stelle einer lokalen Maximal- oder Minimalausprägung des rotativen Maßkörpers angeordnet sein, beispielsweise an einer Stelle einer lokal maximal oder minimal ausgeprägten Magnetisierung oder radialen Ausdehnung (bspw. am Maximum eines Polkopfes oder am Minimum eines Paltals) oder dergleichen. Auch ist eine Kombination möglich, so dass durch jedes lokale Maximum und durch jedes lokale Minimum ein Messmerkmal gebildet ist.

Alternativ oder zusätzlich kann ein Messmerkmal durch andere Eigenschaften des rotativen Maßkörpers gebildet sein, vorteilhaft durch die Stelle einer lokalen Änderung, insbesondere maximalen Änderung, – allgemein einer Eigenschaft oder einem Übergang zwischen Eigenschaften – des rotativen Maßkörpers.

Eine derartige Stelle kann beispielsweise durch eine Polflanke an einem Übergang von einem Polkopf zu einem Paltal, oder durch einen Übergang zwischen zwei magnetischen Polen, gebildet sein. Es soll daher verstanden werden, dass zu einer Maßverkörperung auf dem rotativen Maßkörper, beispielsweise einem Polkopf oder einer Kopf-Tal-Paarung oder einem Magnetpol, eine oder mehrere Messmerkmale zugeordnet sein können.

Ein rotativer Maßkörper kann in einer bevorzugten Weiterbildung als Polrad (engl. Target) realisiert werden. Gleichwohl sind unterschiedlichste Realisierungsvarianten dieser oder anderer Ausführungsformen möglich, z.B. als Zahn- oder Lochrad oder magnetisiertes Rad, etwa in Form einer Trommel, Scheibe oder dgl. Eine hier teilweise erfolgende Bezugnahme auf ein Polrad als Ausführungsbeispiel ist insofern keinesfalls einschränkend, sondern beispielhaft zur Erläuterung eines allgemeinen Prinzips zu verstehen.

Immer wenn eines der Messmerkmale des rotativen Maßkörpers, insbesondere eines Pols eines Polrads, auf seiner Kreisbahn an dem Drehmesssensor „vorbeikommt“ und

der Drehmesssensor eine entsprechende Wechselwirkung erfasst, sendet der Drehmesssensor eine Nachricht. Je nach Drehgeschwindigkeit folgen Nachrichten jeglicher Art also auf einer „Leitung“, wie z.B. Übertragungs-Kanal oder -Verbindung oder -Schnittstelle, zwischen Drehmesssensor und Signalauswertevorrichtung unterschiedlich schnell aufeinander. Beispielsweise lässt sich insbesondere aus einem zeitlichen Abstand aufeinanderfolgender Nachrichten – bei bekannter Geometrie des rotativen Maßkörpers – ein Maß für seine momentane Drehgeschwindigkeit als Drehmessinformation herleiten.

Im Rahmen einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass für die Signalverarbeitungsvorrichtung das Datenprotokoll ein AK-Protokoll oder ein an das AK-Protokoll angelehntes Datenprotokoll ist. Bevorzugt ist ein Protokoll in Form eines AK-Protokolls, insbesondere in der Version 4.0 gemäß der „*Requirement Specifications for Standardized Interface for Wheel Speed Sensors with Additional Information ‘AK-Protokoll’*“. Das AK-Protokoll kann ein generisches Master-Slave Protokoll darstellen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an, das oben erläuterte Konzept im Rahmen der Aufgabenstellung sowie hinsichtlich weiterer Vorteile zu realisieren. Es ist auch zu verstehen, dass die Drehmesseinrichtung gemäß der Erfindung, das Drehmesssystem gemäß der Erfindung, das Fahrzeug gemäß der Erfindung, und das Verfahren gemäß der Erfindung gleiche und ähnliche Unteraspekte aufweisen, wie sie insbesondere in den Unteransprüchen festgelegt sind. Insofern wird für die Weiterbildung eines Aspekts der Erfindung auch auf die Weiterbildungen der anderen Aspekte der Erfindung verwiesen.

Vorteilhaft sind die Messmerkmale entlang einer Kreisbahn und/oder äquidistant auf dem rotativen Maßkörper angeordnet.

Ausführungsformen der Erfindung werden nun nachfolgend anhand der Zeichnung im Vergleich zum Stand der Technik, welcher zum Teil ebenfalls dargestellt ist, beschrieben. Diese soll die Ausführungsformen nicht notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwie-

sen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend die Form und das Detail einer Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen. Die in der Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Weiterbildung der Erfindung wesentlich sein. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung, der Zeichnung und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im Folgenden gezeigten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsform oder beschränkt auf einen Gegenstand, der eingeschränkt wäre im Vergleich zu dem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand. Bei angegebenen Bemessungsbereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und beliebig einsetzbar und beanspruchbar sein.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen sowie anhand der Zeichnung:

- Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Drehmesseinrichtung gemäß einem Aspekt der Erfindung,
- Fig. 2 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Drehmesseinrichtung gemäß einem Aspekt der Erfindung
- Fig. 3 zeigt eine perspektivische Ansicht eines, als Kronenrad ausgebildeten rotativen Maßkörpers,
- Fig.4A zeigt eine schematische Darstellung eines Maßkörpers und eines Drehmessensors,
- Fig. 4B zeigt eine interne Spannung in einem Drehmesssensor bei der Erfassung von Messmerkmalen,
- Fig. 5 zeigt einen Graphen zur Veranschaulichung einer internen Spannung und eines Ausgangssignals eines Drehmessensor,

- Fig. 6 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von gemessenen Perioden von Polzähnen und Poltälern,
- Fig. 7 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von relativen Perioden von Polzähnen und Poltälern,
- Fig. 8 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von gemessenen Perioden bei einer Beschleunigung des Maßkörpers,
- Fig. 9 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von ermittelten Frequenzen der Messmerkmale bei einer Beschleunigung des Maßkörpers,
- Fig. 10 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von in einem Speicher gespeicherten Perioden bei einer Beschleunigung des Maßkörpers,
- Fig. 11 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von relativen Fehlern bei in einem Speicher gespeicherten Perioden,
- Fig. 12 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung eines Clusters von Periodeninformationen von Polzähnen und Poltälern,
- Fig. 13 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung einer Korrelation zwischen erfassten Perioden und in dem Speicher gespeicherten Perioden,
- Fig. 14 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung eines Clusters von Periodenfaktoren von Polzähnen oder Poltälern,
- Fig. 15 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung einer Korrelation von Periodeninformationen von Polzähnen,
- Fig. 16 zeigt ein Flussablaufdiagramm eines Verfahrens zur Drehmessung eines rotierenden Teils eines Fahrzeugs, und

Fig. 17 zeigt eine schematisch dargestellte bevorzugte Ausführungsform eines Fahrzeugs gemäß einem Aspekt der Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine schematisch dargestellte Ausführungsform eines Drehmesssystems 300 mit einer Drehmesseinrichtung 200. Die Drehmesseinrichtung 200 weist einen Drehmesssensor 220 und einen rotativen Maßkörper 240 auf. Der Drehmesssensor 220 weist vorliegend einen Messwertaufnehmer 221 auf, der optional als Hall-Sensor 222 ausgebildet ist. Der Hall-Sensor 222 kann zum rotativen Maßkörper 240, beispielsweise ein Polrad, ausgerichtet sein. Der rotative Maßkörper 240 ist drehstarr mit einem rotierenden Teil 1100, beispielsweise einem Rad 540 eines Fahrzeugs 1000, verbunden, um dessen Drehbewegung R zu erfassen. Die an sich bekannte Funktionsweise eines Hall-Sensors 222 ist vereinfacht beschrieben derart, dass in Abhängigkeit des Vorhandenseins eines Messmerkmals 250 im Messfeld des Hall-Sensors 222 eine induzierte Messspannung als internes Sensorausgangssignal 200b von dem Hall-Sensor 222 bereitgestellt wird.

Der Messwertaufnehmer 221 kann z.B. alternativ zum Hall-Sensor, einen optischen, oder magnetischen Sensor darstellen. Alternativ dazu kann auch ein anderes Messverfahren verwendet werden.

Bei der Rotation des Maßkörpers 240 bewegen sich die Messmerkmale 250 an dem Drehmesssensor 220 vorbei. Hierbei kommt es zu einer Wechselwirkung WW zwischen Drehmesssensor 220 und Messmerkmalen 250, die von dem Drehmesssensor 220 erfasst werden kann.

Beispielsweise wird bei der Drehbewegung eines Polkopfs 256 an einem Polrad, als bevorzugte Ausführung des rotativen Maßkörpers, an dem Drehmesssensor 220 vorbei eine höhere Messspannung bereitgestellt als bei einer Bewegung eines Poltals 258 vorbei an dem Drehmesssensor 220, wobei diese Zuordnung jedoch auch abweichen kann, beispielsweise in Abhängigkeit der Ausrichtung des Hallsensors 222. Es können auch andere Eigenschaften hauptsächlich des Sensors Berücksichtigung finden, beispielsweise vor allem eine Auswahl der Hallelemente des Hallsensors 222.

Vorliegend bilden ein Polkopf 256 und ein darauffolgendes Poltal 258 zusammen eine Kopf-Tal-Paarung 254. Vorliegend bildet eine Polkopf-Poltal-Paarung 254 ein Messmerkmal 250.

Das Zeitintervall, das das Messmerkmal benötigt, um den Drehmesssensor 220 zu passieren, entspricht der Periode des Messmerkmals.

Gleichwohl ist, wie oben erwähnt für eine andere Ausführungsform, eine andere Zuordnung möglich, beispielsweise indem ein Paar Polflanken 259 ein Messmerkmal 250 bildet. In diesem Fall würde sich innerhalb einer Kopf-Tal-Paarung 254 ein Messmerkmal 250 ergeben, welches mindestens zwei Polflanken 259 aufweist. Als Messmerkmal 250 kann auch ein Polkopf 256 oder ein Poltal 258 verwendet werden.

Die Drehmesseinrichtung 200 weist vorliegend weiter eine elektronische Signalverarbeitungsvorrichtung 260 auf. Die Signalverarbeitungsvorrichtung 260 kann vorliegend im Drehmesssensor 220 integriert und mit dem Messwertaufnehmer 221 verbunden sein. In anderen Ausführungsformen kann die Signalverarbeitungsvorrichtung 260 auch in anderen elektronischen Komponenten ausgebildet sein. Die Signalverarbeitungsvorrichtung 260 kann in anderen Ausführungsformen beispielsweise als Hardware- bzw. Software-Modul in einer übergeordneten, insbesondere zentralen, elektronischen Steuereinrichtung 700, beispielsweise einer Fahrzeugsteuereinheit ECU, ausgebildet sein. Die Signalverarbeitungseinheit 260 weist ein Ausgangssignal 260a auf, dass an eine elektronischen Steuereinrichtung 700 ausgegeben werden kann. Die Signalverarbeitungseinheit 260 kann ferner eine Vergleichseinheit 262 und optional einen Speicher 261 aufweisen. Optional kann die Vergleichseinheit 262 und der Speicher 261 auch außerhalb oder unabhängig von der Signalverarbeitungseinheit 260 realisiert werden. Der Speicher 261 dient dazu, vorab erfasste Periodeninformationen mindestens eines Messmerkmals zu speichern. Dies können optional mittels eines Einlern-Vorgangs erfasste Periodeninformationen mindestens eines Messmerkmals sein. Die Vergleichseinheit 262 dient dazu, die in dem Speicher 261 vorab erfassten und gespeicherten Periodeninformationen mit aktuellen Periodeninformationen der Messmerkmale zu vergleichen, um Änderungen, insbesondere Abweichungen, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen, bezüglich des mindestens einen Messmerkmals und/oder des rotativen Maßkörpers zu erfassen.

Der Hall-Sensor 222 weist ein internes Ausgangssignal 220b auf, welches ein Ausgangssignal des Hall-Sensors 222 darstellt, welcher in dem Drehmesssensor 220 angeordnet ist. Der Drehmesssensor 220 weist wiederum ein Ausgangssignal 220a auf.

Die Drehmesseinrichtung 200 weist weiter einen rotativen Maßkörper 240 auf, der hier lediglich ausschnittsweise und in einem abgerollten Zustand dargestellt ist, in dem der – eigentlich kreisbogenförmige Verlauf – von sich abwechselnden Polköpfen 256 und Poltälern 258 hier gerade verlaufend gezeigt ist. Der rotative Maßkörper 240 kann als Polrad 242 mit einer Mehrzahl von Messmerkmalen 250 ausgebildet sein, wobei die Messmerkmale 250 vorliegend jeweils als eine Kopf-Tal-Paarung 254 ausgebildet sind. Jeweils ein Polkopf 256 und ein benachbartes Poltal 258 bilden zusammen eine Kopf-Tal-Paarung 254.

Fig. 2 zeigt in einer perspektivischen Ansicht eine Drehmesseinrichtung 200 gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung. Der rotative Maßkörper 240 ist als Polrad 242 in Form eines Stirnrads 244 ausgebildet, das eine Mehrzahl von Messmerkmalen 250 aufweist, die als Kopf-Tal-Paarung 254 ausgebildet sind und äquidistant entlang einer Kreisbahn 248 auf dem Polrad 242 angeordnet sind. Der rotative Maßkörper 240 ist insbesondere drehstarr mit einem hier nicht dargestellten rotierenden Teil 1100 verbunden, um eine Drehbewegung R des rotativen Maßkörpers 240 – und somit des rotierenden Teils 1100 – messtechnisch zu erfassen.

Ein Polrad 242 im Sinne der Erfindung umfasst jegliche Körper mit insbesondere rotationssymmetrischem Grundkörper und einer Anzahl von geometrischen Merkmalen, welche den Abstand zu einem Drehmesssensor 220 in Bezug auf die Drehbewegung R variieren. Hierbei reicht es zum Zwecke der Messung insbesondere aus, wenn ein Polkopf rechteckig ausgebildet ist. Der Drehmesssensor 220 umfasst einen Messwertaufnehmer 221 in Form eines Hall-Sensors 222. Der Drehmesssensor 220 umfasst in der hier gezeigten bevorzugten Ausführungsform optional die Signalverarbeitungsvorrichtung 260.

Gemäß einem Aspekt kann der Maßkörper auch als Zahnrad z.B. des Getriebes ausgestaltet sein. Hierbei kann das Zahnrad eine primäre Funktion in dem Getriebe erfüllen und sekundär als Maßkörper zur Drehmessung verwendet werden.

Fig. 3 zeigt eine perspektivische Ansicht eines, als Kronenrad ausgebildeten rotativen Maßkörpers. Der Maßkörper 240 kann auch als ein Kronenrad 246 mit in axialer Richtung ausgebildeten Polköpfen 256 ausgebildet sein

Fig. 4A zeigt schematische Darstellung eines Maßkörpers und eines Drehmessensors und Fig. 4B zeigt eine interne Spannung in einem Drehmesssensor bei der Erfassung von Messmerkmalen. Insbesondere kann der Drehmesssensor verschiedenen Positionen relativ zum Maßkörper einnehmen. In den Figuren 4A und 4B wird der Zusammenhang zwischen der Ausgestaltung des Maßkörpers 240 zum Beispiel in Form eines Polrades 242 dargestellt. Das Polrad 242 weist eine Mehrzahl von Polkopf-Poltal-Paarungen 254 auf, welche jeweils einen Polkopf 256 und ein Poltal 258 aufweisen. Des Weiteren sind Hall-Sensoren 222 als Drehmesssensoren 220 dargestellt. Des Weiteren ist eine Wechselwirkung WW zwischen den Hall-Sensoren 222 und dem Polrad 242 dargestellt. Diese Wechselwirkungen WW können hierbei die magnetische Flußdichte der Hall-Sensoren 222 darstellen, welche in Interaktion mit dem Polkopf 256 und dem Poltal 258 treten. Hierbei kann die Wechselwirkung zwischen dem Hall-Sensor 222 und dem Polkopf 256 eine andere sein als zwischen dem Hall-Sensor 222 und dem Poltal. Dies wird durch die Wechselwirkungslinien WW veranschaulicht. Im Bereich der Polköpfe 256 sind die Magnetflusslinien parallel bzw. durch den Polkopf konzentriert, was zu einer höheren Magnetflußdichte führt. Im Bereich der Poltäler 258 sind die Magnetflusslinien voneinander beabstandet bzw. ausgeweitet (d.h. nicht konzentriert sondern voneinander entfernt), so dass dies zu einer geringeren Flußdichte führt. An der Polflanke kommt es zu einer mittleren magnetischen Flußdichte, da der Hall-Sensor 222 sowohl mit dem Polkopf 256 als auch mit dem Poltal 258 interagiert.

In Fig. 4B ist insbesondere ein mögliches Ausgangssignals 220b eines Hall-Sensors 222 dargestellt. Das Ausgangssignal 220b kann eine Ausgangsspannung des Hall-Sensors 222 darstellen und ist hierbei abhängig von der Position des Polrades bezüglich eines Hall-Sensors 222. Im Bereich des Polkopfes 256 ist das interne Ausgangssignal 220b des Hall-Sensors höher als ein Mittelwert und kann hier optional maximal sein und im Bereich des Poltales 258 ist das interne Ausgangssignal 220b des Hall-Sensors 222 kleiner als ein Mittelwert und kann optional minimal sein. Mit anderen Worten, der Betrag des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 kann im Bereich des Polkopfes 256 am Größten (maximal) sein und im Bereich des Poltales 258 am kleinsten (minimal) sein. Im Bereich der Polflanken 259 kommt es zu einem Nulldurchgang

bzw. der Betrag des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 kann dem Mittelwert entsprechen. Im Bereich des Polkopfes 256 kann die Steigung des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 gegen Null gehen. Im Bereich des Poltales 258 kann die Steigung des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors ebenfalls gegen Null gehen. Im Bereich der Polflanken 259 kann der Betrag der Steigung des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 maximal sein. Mit anderen Worten, die Ausgangsspannung 220b eines Hall-Sensors 222 ist maximal, wenn sich der Hall-Sensor 220 im Bereich des Polkopfes 256 befindet. Wenn sich der Hall-Sensor 222 im Bereich eines Poltales 258 befindet, dann ist die Ausgangsspannung 220b des Hall-Sensors 222 minimal sein. Die in Fig. 4B dargestellte Y-Achse kann eine relativ verschobene Achse darstellen. Somit ergibt das Ausgangssignal 220b eines Hall-Sensors 222 ein periodisches Signal in Abhängigkeit der Polkopf-Poltal-Paarung entlang des Polrades. Nach einer Umdrehung des Polrades wird dann wieder eine Interaktion zwischen dem Hall-Sensor 222 und einer ersten Polkopf-Poltal-Paarung erfasst.

Beispielsweise anhand der Periode des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 kann eine Periode eines Messmerkmals beispielsweise in Form einer Polkopf-Poltal-Paarung 254 ermittelt werden. Die Periode des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 kann beispielsweise durch Detektion der relativen Nulldurchgänge des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 ermittelt werden.

Fig. 5 zeigt einen Graphen zur Veranschaulichung einer internen Spannung und eines Ausgangssignals eines Drehmessensors. In Fig. 5 ist sowohl die interne Ausgangsspannung 220b eines Hall-Sensors 222 von Fig. 4A als Teil des Drehmessensors 220 sowie ein Ausgangssignal 220a des Drehmessensors 220 gezeigt. Das Ausgangssignal 220b eines Hall-Sensors 222 kann einer Ausgangsspannung des Hall-Sensors 222 entsprechen. Wie in Fig. 4B dargelegt, ist die Ausgangsspannung des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 maximal und die Steigung des Ausgangssignals 220b geht gegen Null im Bereich eines Polkopfes 256 und die Ausgangsspannung des Ausgangssignals 220b des Hall-Sensors 222 ist minimal und die Steigung des Ausgangssignals 220b geht gegen Null im Bereich eines Poltales 258. Durch Detektion der Nulldurchgänge oder einer Überschreitung oder Unterschreitung eines Grenzwertes oder durch Erfassung der Steigungen des Ausgangssignals 220b kann eine Periode T des Ausgangssignals 220b ermittelt werden. Ein (Nulldurchgangs)Intervall t stellt die Zeitdauer dar, welche zwischen zwei Nulldurchgängen der Ausgangsspannung 220b oder zwei

Unterschreitungen oder Überschreitungen des Grenzwertes vorhanden ist. Das Intervall t_1 stellt eine Zeitdauer dar, während der der Hall-Sensor 222 den Polkopf 256 passiert und eine maximale Spannung am Hall-Sensor 222 vorhanden ist.

Das Intervall t_2 stellt eine Zeitdauer dar, während der der Hall-Sensor 222 das Poltal 258 passiert und eine minimale Spannung am Ausgang des Hall-Sensors 222 vorhanden ist.

Die Periode T entspricht hierbei einem Zeitintervall Z zwischen drei aufeinanderfolgenden Nulldurchgängen oder zwei Unterschreitungen oder Überschreitungen des Grenzwertes n , $n+1$, $n+2$. Die Periode T kann sich aus den Intervallen t_1 und t_2 zusammensetzen.

Das Ausgangssignal 220a des Drehmessensors kann einem Datensignal basierend auf einem AK-Protokoll oder einem anderen Datenprotokoll entsprechen. Dieses Datensignal stellt ein Datensignal mit mehreren Pulsen dar. Der erste (höhere) Puls kann beispielsweise einen Nulldurchgang signalisieren. Somit kann anhand des Datensignals des Drehmessensors 220 ebenfalls die Periode einer Polkopf-Poltal-Paarung 254, d. h. eines Messmerkmals 250, ermittelt werden.

In Fig. 4A, Fig. 4B und Fig. 5 wurde ein Ausführungsbeispiel eines Drehmessensors basierend auf einem Hall-Sensor 222 beschrieben. Der Drehmesssensor und die Drehmesseinrichtung können aber auch auf anderen Messkonzepten wie beispielsweise ein optisches Messkonzept, ein elektrisches Messkonzept oder einem anderen magnetischen Messkonzept beruhen. Für die Erfindung muss lediglich gewährleistet sein, dass Messmerkmale 250 eines rotativen Maßkörpers 240 erfasst werden können und dass Periodeninformationen der Messmerkmale 250 ausgewertet werden können, um Rückschlüsse auf die Funktionsfähigkeit des rotativen Maßkörpers 240 ziehen zu können. Insbesondere soll basierend auf den Periodeninformationen festgestellt werden, ob Beschädigungen oder Unregelmäßigkeiten bei den Messmerkmalen 250 des rotativen Maßkörpers 240 vorhanden sind. Hierbei können insbesondere die Perioden oder Periodeninformationen für alle oder im Wesentlichen für alle Messmerkmale 250 des rotativen Maßkörpers 240 ermittelt werden. Durch die derart hoch aufgelöste Erfassung der Periodeninformationen der Messmerkmale 250 können Fehler F , Beschädigungen oder Beeinträchtigungen einzelner Messmerkmale 250 ermittelt werden.

Ein Taumelfehler FT liegt insbesondere vor, wenn der rotative Maßkörper und/oder das rotierende Teil nicht mehr um eine Rotationsachse drehen, sondern eine abweichende Rotationsachse aufweisen. Ein Zahnfehler des rotativen Maßkörpers bzw. des Polrades kann dann vorliegen, wenn ein Polkopf beschädigt ist oder fehlt oder wenn ein Poltal zumindest teilweise gefüllt ist.

Fig. 6 zeigt einen Graphen zur Darstellung von gemessenen Perioden von Polzähnen und Poltälern. In Fig. 6 sind Periodeninformationen PI für Polköpfe 256 und Poltäler 258 eines Polrades 242 dargestellt. Aus Fig. 6 können die Periodeninformationen PI und insbesondere die lokalen Perioden TL für die Polköpfe 256 und für die Poltäler 258 dargestellt werden. Die lokalen Perioden TL entsprechen dann den Perioden der Polköpfe 256 (d. h. dem Intervall t_1) und den Perioden der Poltäler 258 (d. h. dem Intervall t_2). Die oberen Werte der Messreihe stellen dabei die lokale Periode TL für die Polköpfe 256 und die unteren Werte der Messreihe stellen die lokalen Perioden für die Poltäler 258 dar. In Fig. 6 wird hierbei von einem Polrad 242 ausgegangen mit einer Polkopf-Poltal-Paarungsaufteilung von 40 % Polkopf 256 und 60 % Poltal 258.

Es ist aber auch eine andere Verteilung zwischen den Polköpfen und den Poltälern möglich.

Fig. 7 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von relativen Perioden von Polzähnen und Poltälern. In Fig. 7 ist eine Darstellung von Periodeninformationen PI bezogen auf eine Anzahl N von Perioden T dargestellt. Insbesondere sind in Fig. 7 die lokalen relativen Perioden TLR dargestellt. Somit sind die lokalen relativen Perioden TLR für die Polköpfe (obere Messwerte) und die lokalen relativen Perioden TLR für die Poltäler (untere Messwerte) dargestellt. Die relativen Perioden des Messmerkmals entsprechen einem Koeffizienten zwischen der gemessenen Periode des Messmerkmals und der tatsächlichen Periode, welche sich anhand der aktuellen Drehzahl ergeben. Die bei einer Umdrehung des Maßkörpers erfassten Perioden der jeweiligen Messmerkmale 250 können gemittelt werden und daraus kann dann die tatsächliche Periode gemäß der aktuellen Drehzahl ermittelt werden. Mit anderen Worten, die tatsächliche Periode kann einer gemittelten Periode eines Messmerkmals entsprechen. Wenn alle Messmerkmale 250 fehlerfrei und ohne Beeinträchtigungen sind, dann sollten die Perioden aller Messmerkmale gleich groß sein. Die relative Periode kann demnach den Koeffizienten oder

das Verhältnis aus der für ein Messmerkmal erfassten Periode und der gemittelten Periode (tatsächliche Periode) darstellen. Die relative Periode kann somit eine Abweichung einer Periode eines Messmerkmals von der zu erwarteten gemittelten Periode darstellen. Die relative Periode kann einen normierten und drehzahlunabhängigen Wert darstellen. Es können demnach die in der Tabelle (dem Speicher 261) abgespeicherte relative Periode für ein Messmerkmal und die aktuell ermittelte relative Periode für das gleiche Messmerkmal verglichen werden. Falls der Vergleich mittels der Vergleichseinheit 262 eine Abweichung ergibt, dann kann dies auf eine Veränderung des Messmerkmals hindeuten.

Gemäß der Erfindung können die ermittelten Positionsinformationen PI dann in dem Speicher 261 gespeichert werden, um anschließend für den Vergleich mittels der Vergleichseinheit mit aktuellen Periodeninformationen PI verwendet zu werden. Insbesondere können die Periodeninformationen PI für alle Messmerkmale 250 (z. B. Polkopf-Poltal-Paarungen 254) in dem Speicher 261 gespeichert werden, um anschließend mit aktuellen Periodeninformationen verglichen zu werden.

In Fig. 6 und Fig. 7 wurden die Periodeninformationen PI bei einer konstanten Drehzahl erhalten.

Fig. 8 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von gemessenen Perioden bei einer Beschleunigung des Maßkörpers. In Fig. 8 sind Periodeninformationen PI (insbesondere lokale Perioden) für eine Anzahl N von Perioden T dargestellt während einer Beschleunigung eines rotierenden Teils 1100, an welchen der rotative Maßkörper 240 drehfest gekoppelt ist. Wie aus Fig. 8 zu entnehmen, nimmt die Periode der jeweiligen Polkopf-Poltal-Paarungen 254 bei der Beschleunigung ab. Aus Fig. 8 geht jedoch ebenfalls hervor, dass selbst bei einer Beschleunigung des rotativen Maßkörpers 240 die Periodeninformationen (obere Messreihe) für einen Polkopf 256 von den Periodeninformationen (untere Messreihe) für ein Poltal 258 unterschieden werden können. Durch die Verzerrung der Periodeninformationen aufgrund der Beschleunigung können die Werte von Fig. 8 nicht ohne Weiteres für eine Speicherung in dem Speicher 261 verwendet werden. Vielmehr können zunächst nur diejenigen Periodeninformationen PI in dem Speicher 261 sinnvoll gespeichert werden, welche bei einer konstanten Drehgeschwindigkeit des rotativen Maßkörpers 240 ermittelt worden sind.

Falls die bei einer Beschleunigung ermittelten Positionsinformationen verwendet werden sollen, dann müssen diese Informationen überarbeitet oder abgeglichen werden.

Fig. 9 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von ermittelten Frequenzen der Messmerkmale bei einer Beschleunigung des Maßkörpers. In Fig. 9 sind Frequenzen FR der jeweiligen Polkopf-Poltal-Paarung dargestellt. Die Frequenzwerte stellen die Kehrwerte der Perioden dar. Insbesondere sind die Frequenzen FRK der Polköpfe 256 und die Frequenzen FRT der Poltälern 258 dargestellt. Auch in Fig. 9 lassen sich die Periodeninformationen, welche zu dem Polkopf 256 assoziiert sind, von den Periodeninformationen unterscheiden, die dem Poltal 258 assoziiert sind. In Fig. 9 sind ebenfalls die gemittelten Werte anhand einer Geraden FRKL für die Frequenzen FRKL der Polköpfe 256 und einer Geraden FRTL für die Frequenzen FRT der Poltälern 258 dargestellt. In Fig. 9 sind die Frequenzen der Periodeninformationen von Fig. 8 dargestellt. Mittels einer linearen Regression können aus den Frequenzwerten der jeweiligen Perioden die Geraden FRKL, FRTL mit einem Offset sowie ein Gradient ermittelt werden. Diese können zur Kompensation der Beschleunigung der Fahrzeuggeschwindigkeit bzw. der Drehung des rotierenden Teils 1100 verwendet werden.

Die lineare Regression kann basierend auf allen Frequenzen (d.h. der Frequenzen der Polköpfe und der Frequenzen der Poltälern) durchgeführt werden. Die lineare Regression kann basierend auf gemittelten Werten der Frequenzen gebildet werden, d.h. die lineare Regression wird basierend auf lokalen gemittelten Frequenzen gebildet. Die lokalen gemittelten Frequenzen können zur Berechnung der lokalen Frequenzen verwendet werden. Basierend auf einer ermittelten Frequenz-Ausgleichsfunktion können die lokalen Frequenzen aller Messmerkmale ermittelt werden. Aus einer lokalen Frequenz kann eine lokale Periode ermittelt werden.

Alternativ dazu kann die lineare Regression getrennt für die Perioden der Polköpfe und für die Poltälern durchgeführt werden. Hierbei müssen die unterschiedlichen Größen der Perioden (z.B. Polkopf 40% und Poltal 60%) einer Polkopf-Poltal-Paarung relativ zur Größe des Polrades berücksichtigt werden. Dies kann durch eine geeignete Wichtung erfolgen. Beispielsweise kann jeder Koeffizient mit der relativen Größe des Polkopfes oder Poltals multipliziert werden. Die gewichteten Koeffizienten der linearen Regression für die Polköpfe und für die Poltälern können zusammengeführt werden, um einen relativen Perioden-Wichtungs-Koeffizienten PWKS zu erhalten. Wenn die gewichteten Koeffizienten

fizienten der linearen Regression für die Polköpfe und für die Poltäler getrennt behandelt werden, dann können relative Perioden-Wichtungs-Koeffizienten erhalten werden.

Fig. 10 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von in einem Speicher gespeicherten Perioden bei einer Beschleunigung des Maßkörpers. Insbesondere zeigt Fig. 10 einen Vergleich der relativen Perioden, die aus unterschiedlichen Berechnungsverfahren bei einer Beschleunigung ermittelt worden sind. Vorzugsweis ist die Beschleunigung zumindest teilweise konstant. In Fig. 10 sind verschiedene Periodeninformationen PI jeweils für die Polköpfe und die Poltäler dargestellt, welche bei einer Beschleunigung des rotierenden Teils 1100 erfasst worden sind. Diese Periodeninformationen PI können in dem Speicher 261 abgelegt werden. Die Periodeninformationen enthalten, relative lokale Perioden TLR, und relative Perioden-Wichtungs-Koeffizienten-Summen PWKS.

Fig. 11 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung von relativen Fehlern bei gespeicherten Perioden. In Fig. 11 sind die relativen Fehler für verschiedene Verfahren zum Bestimmen der Periodeninformationen dargestellt. In Fig. 11 ist beispielsweise der Fehler bei der Verwendung von lokalen Werten PFL der Periodeninformationen dargestellt. Die Fehler betragen ca. 5 %. Ferner sind Periodeninformationen PMR basierend auf Mittelwerten dargestellt, welche einen Fehler von zwischen 0,9 % bis 0,2 % aufweisen. Die Perioden können ein hyperbolisches Verhalten aufweisen, so dass die Änderungen mit höher werdender Geschwindigkeit kleiner werden, was auch zu einer Verringerung der Fehler führt.

Bei Verwendung eines relativen Perioden-Wichtungs-Koeffizienten PWK ohne eine Aufteilung mit Polköpfen und Poltälern kann hierbei ein maximaler Fehler von 1 % erreicht werden.

Bei der Verwendung einer relativen Perioden-Wichtungs-Koeffizienten-Summe PWKS kann ein relativer Fehler zwischen 0,4% und 0,2% erhalten werden.

Die obige Diskussion kann dazu dienen, sich für eines der Berechnungsverfahren zu entscheiden. Es ist ersichtlich, dass die Verfahren Verwendung von lokalen Werten TLR und Verwendung der relativen Perioden-Wichtungs-Koeffizienten PWK nicht geeignet sind. Das Verfahren einer relativen Perioden-Wichtungs-Koeffizienten-Summe PWKS kann am geeignetsten sein. Alternativ wäre noch das Verfahren der Periodeninformati-

onen basierend auf Mittelwerten PMR sinnvoll. Bei diesen Berechnungen wird vorzugsweise von einer zumindest teilweise konstanten Beschleunigung ausgegangen. Falls die Beschleunigung nicht konstant ist, dann wird die Berechnung komplexer.

Sobald die jeweiligen Periodeninformationen TI aller Messmerkmale (z. B. Polkopf-Poltal-Paarung, Polkopf, Poltal) des Maßkörpers 240 ausgewertet und in dem Speicher 261 gespeichert sind, können die Daten mit den tatsächlichen Messmerkmalen abgeglichen werden, um eine Zuordnung zwischen den Messmerkmalen und den gespeicherten Periodeninformationen zu erhalten. Dies wird nachfolgend beschreiben.

Fig. 12 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung eines Clusters von Periodeninformationen von Polzähnen und Poltälern. In Fig. 12 sind die gespeicherten Periodenfaktoren PF sowie die ermittelten relativen Perioden TR für die Polköpfe (obere Reihe) und für die Poltäler (untere Reihe) dargestellt. Zwischen den Werten der Periodenfaktoren PF und den relativen Perioden TR kann eine Phasenverschiebung PV vorhanden sein. In Fig. 12 ist eine Phasenverschiebung PV beispielhaft dargestellt. Die Phasenverschiebung PV hat zur Folge, dass die Periodenfaktoren nicht unmittelbar mit den gespeicherten relativen Perioden TR verglichen werden kann. Zuerst sollte ein Offset bzw. die Phasenverschiebung PV ermittelt werden.

Fig. 13 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung einer Korrelation zwischen erfassten Perioden und in dem Speicher (z.B. einem Tabellenspeicher) gespeicherten Perioden. Zur Ermittlung des Offsets von Fig. 12 wird eine Korrelation zwischen den gemessenen Periodenfaktoren PF und den gespeicherten relativen Perioden TR bestimmt. Dies kann durch Berechnung des Quadrats der Determinationskoeffizienten erfolgen, welcher zwischen 0 und +1 sein kann, wobei 0 auf keine lineare Abhängigkeit und +1 auf eine genaue Übereinstimmung hindeutet. Wie aus Fig. 13 ersichtlich, ist der Determinationskoeffizient im Wesentlichen um 0,96 aber an genau einer Stelle 1, d.h. hier scheint eine genaue Übereinstimmung zwischen einer ermittelten relativen Periode und einem gespeicherten Polfaktor PF vorhanden zu sein. Da der Unterschied aber lediglich 0,04 beträgt, kann es sein, dass dies z.B. durch Rauschen erzeugt worden ist. Dieser Unterschied erklärt sich aus der Tatsache, dass hier sowohl die Polkopf-Perioden als auch die Poltal-Perioden zusammen ausgewertet worden sind. Dabei dominiert der Unterschied zwischen beiden Perioden-Arten so sehr, dass der Unterschied des Korrelationskoeffizienten fast nicht ins Gewicht fällt.

Fig. 14 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung eines Clusters von Periodenfaktoren von Polzähnen und Poltälern. Über den Umfang des Polrades 242 können die Polkopf-Poltal-Paarungen gleichmäßig verteilt sein. Damit ist auch das Verhältnis zwischen der Breite der Polköpfe und der Poltäler gleichmäßig solange keine Fehler vorhanden sind. Dies kann vorteilhaft sein bezüglich der Auswirkungen von zufälligen Abweichungen wie Rauschen. In Fig. 14 ist ein Vergleich der gemessenen Periodenfaktoren PFM zu den Periodenfaktoren für die Polköpfe und für die Poltäler dargestellt. Es ergeben sich wie erwarten zwei Cluster, nämlich Polköpfe unten links und Poltäler oben rechts. Damit lässt sich für jede Messung und für jeden Eintrag im Speicher 261 bestimmen, ob es sich hierbei um einen Polkopf oder ein Poltal handelt.

Diese Clustern-Bildung erfolgt, weil Polköpfe und Poltäler des Polrads unterschiedlich breit sind. Die Poltäler können z.B. anderthalbmal so breit sein wie die Polköpfe. Dies hat zur Folge, dass sich zwei voneinander getrennte Häufungspunkte der Perioden ausbilden.

Fig. 15 zeigt einen Graphen mit einer Darstellung einer Korrelation von Periodeninformationen von Polzähnen. Während in Fig. 12 die Determinationskoeffizienten für Polköpfe und für Poltäler bestimmt worden sind, erfolgt in Fig. 15 lediglich eine Bestimmung der Determinationskoeffizienten für die Polköpfe. Wie in Fig. 15 zu sehen, ergibt sich daraus eine genauere Korrelation, nämlich eine Korrelation von 1 und für die anderen Fälle ergibt sich ein Korrelationskoeffizienten von unter 0,1 (im Vergleich zu 0,96). Fig. 15 verdeutlicht somit, dass ein eindeutigeres Ergebnis erhalten wird, wenn die Polkopf-Perioden und Poltal-Perioden getrennt verarbeitet werden.

Fig. 16 zeigt ein Flussablaufdiagramm eines Verfahrens zur Drehmessung eines rotierenden Teils eines Fahrzeugs. Eine Drehmessung eines rotierenden Teils 1100 eines Fahrzeuges 1000 erfolgt mittels einer Drehmesseinrichtung 200, welche einen rotativen Maßkörper 240 aufweist, der eine Mehrzahl von Messmerkmalen 250 entlang einer Kreisbahn 248 des Maßkörpers 250 aufweist und drehfest mit dem rotierenden Teil 1100 befestigbar ist und einen Drehmesssensor 220 aufweist. In Schritt S1 erfolgt ein Erfassen mindestens eines der Messmerkmale 250 während einer Drehbewegung R des rotativen Maßkörpers 240 durch Wechselwirkung WW des mindestens einen Messmerkmals 250 mit dem Drehmesssensor 220. In Schritt S2 erfolgt ein Ausgeben

eines Ausgangssignals (220a) auf der Basis der erfassten Wechselwirkungen (WW). In Schritt S3 erfolgt ein Erfassen mindestens einer Periodeninformation TI mindestens eines Messmerkmals 250 basierend auf einem Ausgangssignal 220a des Drehmessensor 220, wobei die mindestens eine Periodeninformation TI auf einem Zeitintervall Z basiert, das das mindestens eine Messmerkmal 250 benötigt, um den Drehmesssensor 220 während der Drehbewegung R zu passieren. In Schritt S4 erfolgt ein Vorabspeichern mittels eines Einlern-Vorgangs erfasster Periodeninformationen TI mindestens eines Messmerkmals 250 in einem Speicher 261. In Schritt S5 erfolgt ein Vergleichen von in dem Speicher 261 vorab gespeicherten Periodeninformationen TI mit Periodeninformationen TI aktueller Messmerkmale 250, um Abweichungen, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen des mindestens einen Messmerkmals 250 zu erfassen.

Die obige Sequenz der Drehmessung kann optional zweimal ausgeführt werden. Am Anfang kann ein erster Einlern-Vorgang durchgeführt werden, um den Speicher 261 (z.B. eine Polrad-Tabelle) mit Werten zu füllen. In diesem Verfahrensschritt findet noch kein Vergleich statt. Der Speicher 261 wird zunächst nur mit Daten gefüllt.

Anschließend kann dieser Schritt im laufenden Betrieb ständig wiederholt werden, um die aktuellen Vergleichsdaten zu ermitteln und den Vergleich durchzuführen. Zwischen den Schritten S3 und S4 kann optional noch die Normierung des Messwertes zur relativen Periode bzw. des Perioden-Faktors erfolgen.

In dem Speicher 261 können Periodeninformationen z.B. als die Perioden-Faktoren gespeichert werden. Die im Betrieb erfassten Periodeninformationen können relative Perioden darstellen. Aber beide Periodeninformationen können auf dem gleichen mathematischen Konstrukt beruhen, wobei sie zu unterschiedlichen Zeitpunkten erzeugt werden können.

Fig. 17 zeigt stark schematisch ein Fahrzeug 1000 mit einem Drehmesssystem 300 mit einer Anzahl von vier Drehmesseinrichtungen 200 gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung. Das Fahrzeug 1000 kann, wie hier gezeigt, als PKW 1002 ausgebildet sein. In anderen Ausführungsformen kann das Fahrzeug 1000 anders ausgebildet sein, beispielsweise als Nutzfahrzeug 1004. Das Fahrzeug weist zwei Achsen 530, nämlich einer Vorderachse 532 und einer Hinterachse 534 auf. Die Hinterachse 534 wird von einem Antrieb 1102 über eine Antriebswelle 1104 und ein Differential 1106 angetrieben.

An jeder Achse 530 sind zwei Räder 540 befestigt. An der Vorderachse 532 sind ein erstes Rad 540.1 mit einer ersten Drehmesseinrichtung 200.1 und ein zweites Rad 540.2 mit einer zweiten Drehmesseinrichtung 200.2, an der Hinterachse 534 ein drittes Rad 540.3 mit einer dritten Drehmesseinrichtung 200.3 und ein viertes Rad 540.4 mit einer vierten Drehmesseinrichtung 200.4 angeordnet. Das jeweilige Rad 540 stellt somit das rotierende Teil 1100 für die zugeordnete Drehmesseinrichtung 200 dar. Die erste Drehmesseinrichtung 200.1 ist mittels einer ersten Drehmess-Signalleitung 710.1 mit einer elektronischen Steuereinrichtung 700 in Form einer Fahrzeugsteuereinheit 702 signalführend verbunden. In analoger Weise sind die übrigen Drehmesseinrichtungen 200.2, 200.3, 200.4 jeweils über eine Drehmess-Signalleitung 710.2, 710.3, 710.4 mit der elektronischen Steuereinrichtung 700 signalführend verbunden.

Das Drehmesssystem weist in einer bevorzugten Weiterbildung eine elektronische Steuereinrichtung (ECU) auf, die in einer besonders vorteilhaften Weise im Rahmen einer Rechen- und Datenverarbeitungs-Einrichtung realisiert ist. Die Signalverarbeitungsvorrichtung und/oder die elektronische Steuereinrichtung (ECU) kann vorteilhaft ein Mikro-Controller sein; beispielsweise ein ASIC-Baustein (englisch application-specific integrated circuit, AS/C, auch Custom Chip).

Bezugszeichen (Teil der Beschreibung)

200	Drehmesseinrichtung
200.1-4	Drehmesseinrichtung
220	Drehmesssensor
220a	Drehmesssensor-Ausgangssignal
220b	Internes Sensorsignal
221	Messwertaufnehmer
222	Hall-Sensor
240	rotativer Maßkörper
242	Polrad
244	Stirnrad
246	Kronenrad
248	Kreisbahn
250	Messmerkmal
254	Polkopf-Poltal-Paarung
256	Polkopf
258	Poltal
259	Polflanke
260	Signalverarbeitungsvorrichtung
260a	Ausgangssignal
261	Speicher
262	Vergleichseinheit
530	Achse
532	Vorderachse
534	Hinterachse
540	Rad
540.1-4	erstes bis viertes Rad
700	elektronische Steuereinrichtung
702	Fahrzeugsteuereinheit
710	Drehmess-Signalleitung
710.1-4	erste bis vierte Drehmess-Signalleitung

1000	Fahrzeug
1002	PKW
1004	Nutzfahrzeug
1100	rotierendes Teil
1102	Antrieb
1104	Antriebswelle
1106	Differential
AR	Rotationsachse
F	Fehlern
FR	Frequenz
FRK	Frequenz-Polkopf
FRKL	lokaler Frequenz-Polkopf
FRT	Frequenz-Poltal
FRTL	lokales Frequenz-Poltal
FT	Taumelfehler
FZ	Zahnfehler
PF	Periodenfaktor
PFL	lokaler Periodenfaktor
PFM	gemessener Periodenfaktor
PFT	tatsächlicher Periodenfaktor
PMR	relatives Periodenmittel
PV	Phasenverschiebung
PWK	relativer Perioden-Wichtungs-Koeffizient
PWKS	relative Perioden-Wichtungs-Koeffizienten-Summe
R	Drehbewegung
RF	Reihenfolge
RV	Drehgeschwindigkeit
RW	Winkellage
T	Periode
TE	effektive Periode
TI	Periodeninformation
TL	lokale Periode
TLR	relative lokale Periode
TR	relative Periode

t	Nulldurchgangsintervall
t1	Polkopf-Intervall
t2	Poltal-Intervall
S	Spalte
U	Umdrehungen
UM	Messspannung
Z	Zeitintervall

Patentansprüche

1. Drehmesseinrichtung (200) für ein rotierendes Teil (1100), bevorzugt für ein Fahrzeug (1000), besonders bevorzugt für eine Welle (1104) oder ein Rad (540) eines Fahrzeugs (1000), aufweisend:

- einen rotativen Maßkörper (240), der eine Mehrzahl von Messmerkmalen (250) entlang einer Kreisbahn (248) des rotativen Maßkörpers (240) aufweist und drehfest mit dem rotierenden Teil (1100) befestigbar ist,
- einen Drehmesssensor (220), der dazu ausgestaltet ist, mindestens eines der Messmerkmale (250) während einer Drehbewegung (R) des rotativen Maßkörpers (240) durch Wechselwirkung (WW) des mindestens einen Messmerkmals (250) mit dem Drehmesssensor (220) zu erfassen und ein Ausgangssignals (220a) auf der Basis der erfassten Wechselwirkungen (WW) auszugeben, und
- eine Signalverarbeitungsvorrichtung (260), die dazu ausgestaltet ist, mindestens eine Periodeninformation (TI) mindestens eines Messmerkmals (250) basierend auf einem Ausgangssignal (220a) des Drehmesssensor (220) zu erfassen, wobei die mindestens eine Periodeninformation (TI) auf einem Zeitintervall (Z) basiert, das das mindestens eine Messmerkmal (250) benötigt, um den Drehmesssensor (220) während der Drehbewegung (R) zu passieren,
- einen Speicher (261), der dazu ausgestaltet ist, vorab erfasste Periodeninformationen (TI) mindestens eines Messmerkmals (250) zu speichern, insbesondere mittels eines Einlern-Vorgangs erfasste Periodeninformationen (TI) mindestens eines Messmerkmals (250) zu speichern, und
 - eine Vergleichseinheit (262), die dazu ausgestaltet ist, in dem Speicher (261) die vorab erfassten und gespeicherten Periodeninformationen (TI) mit aktuellen Periodeninformationen (TI) der Messmerkmale (250) zu vergleichen, um Änderungen, insbesondere Abweichungen, Ungenauigkeiten und/oder Beschädigungen (F), bezüglich des mindestens einen Messmerkmals (250) und/oder des rotativen Maßkörpers (240) zu erfassen.

2. Drehmesseinrichtung (200) nach Anspruch 1, wobei

wenn mindestens eine Änderung bezüglich des mindestens einen Messmerkmals (250) und/oder des rotativen Maßkörpers (240) erfasst worden ist, dann wird der Einlern-Vorgang wiederholt und die dabei erfassten Periodeninformationen (TI) werden als neue Periodeninformationen (TI) in dem Speicher (261) gespeichert.

3. Drehmesseinrichtung (200) nach Anspruch 1 oder 2, wobei

die Drehmesseinrichtung (200) als Ausgangssignal ein Datensignal basierend auf einem Datenprotokoll ausgibt, wobei anhand der Datensignale Periodeninformationen (TI) ableitbar sind.

4. Drehmesseinrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei

- der rotative Maßkörper (240) als Polrad (242) mit einer Mehrzahl von Polköpfen (256) und einer Mehrzahl von Poltälern (258) ausgebildet ist,

wobei ein Messmerkmal (250) als eine Polkopf-Poltal-Paarung (254) aus einem Polkopf (256) und einem Poltal (258) als Polkopf (256) oder als Poltal (258) ausgebildet ist.

5. Drehmesseinrichtung (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei

die Periodeninformationen (TI) eines Messmerkmals (250) einer Periode (T) des Messmerkmals (250) entspricht, das einem Zeitintervall (Z) gleicht, das das mindestens eine Messmerkmal (250) benötigt, um den Drehmesssensor (220) während der Drehbewegung zu passieren oder

wobei die Periodeninformationen (TI) einer relativen Periode (TR) entsprechen, die sich aus einem Koeffizienten zwischen der aktuell erfassten Periode (T) und einer über alle Perioden (T) der Messmerkmale (250) des Maßkörpers (240) gemittelten Periode (TE) ergibt.

6. Drehmesseinrichtung (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei

der Einlern-Vorgang für das Speichern von Periodeninformationen (T) in dem Speicher (261) bei einer konstanten Geschwindigkeit der Welle (1104) oder des Rades (540) erfolgt.

7. Drehmesseinrichtung (200) nach einem der Ansprüche 4 bis 5, wobei

die Periodeninformationen (TI) einer relativen Periode (TR) entsprechen, die sich aus einem Koeffizienten zwischen der aktuell erfassten Periode (T) und einer Summe aller Perioden (T) der Messmerkmale (250) des Maßkörpers (240) ergibt, wobei lineare Regressionen für jede gemessene Periode verwendet werden, um eine eigene mittlere Periode für die Messmerkmale (240) zu ermitteln, wenn sich Geschwindigkeit der Welle (1104) oder des Rades (540) ändert.

8. Drehmesseinrichtung (200) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei
das Messmerkmal (250) 30% - 60% Polkopf (256) und 40% - 70% Poltal (258)
und insbesondere 40% Polkopf (256) und 60% Poltal (258) aufweist.
9. Drehmesssystem (300), bevorzugt für ein Fahrzeug (1000), gekennzeichnet durch
- mindestens eine Drehmesseinrichtung (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.
10. Fahrzeug (1000), aufweisend eine Drehmesseinrichtung (200), insbesondere für
eine Welle (1104) oder ein Rad (540) des Fahrzeugs (1000), nach einem der Ansprü-
che 1 bis 8 und/oder ein Drehmesssystem (300) nach Anspruch 9.
11. Verfahren zur Drehmessung eines rotierenden Teils (1100) eines Fahrzeuges
(1000) mittels einer Drehmesseinrichtung (200), welche einen rotativen Maßkörper
(240), der eine Mehrzahl von Messmerkmalen (250) entlang einer Kreisbahn (248) des
Maßkörpers (250) aufweist und drehfest mit dem rotierenden Teil (1100) befestigbar ist
und einen Drehmesssensor (220) aufweist, insbesondere einer Drehmesseinrichtung
(200) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
- Erfassen mindestens eines der Messmerkmale (250) während einer Drehbewe-
gung (R) des rotativen Maßkörpers (240) durch Wechselwirkung (WW) des mindestens
einen Messmerkmals (250) mit dem Drehmesssensor (220),
 - Ausgeben eines Ausgangssignals (220a) auf der Basis der erfassten Wechsel-
wirkungen (WW),
 - Erfassen mindestens einer Periodeninformation (TI) mindestens eines Mess-
merkmals (250) basierend auf einem Ausgangssignal (220a) des Drehmesssensors
(220), wobei die mindestens eine Periodeninformation (TI) auf einem Zeitintervall (Z)
basiert, das das mindestens eine Messmerkmal (250) benötigt, um den Drehmess-
sensor (220) während der Drehbewegung (R) zu passieren,
 - vorab Speichern erfasster Periodeninformationen (TI) mindestens eines Mess-
merkmals (250) in einem Speicher (261), und
- Vergleichen von in dem Speicher (261) vorab gespeicherten Periodeninformatio-
nen (TI) mit aktuellen Periodeninformationen (TI) mindestens eines Messmerkmals
(250), um Änderungen des mindestens einen Messmerkmals (250) und/oder des rotati-
ven Maßkörpers (240) zu erfassen.

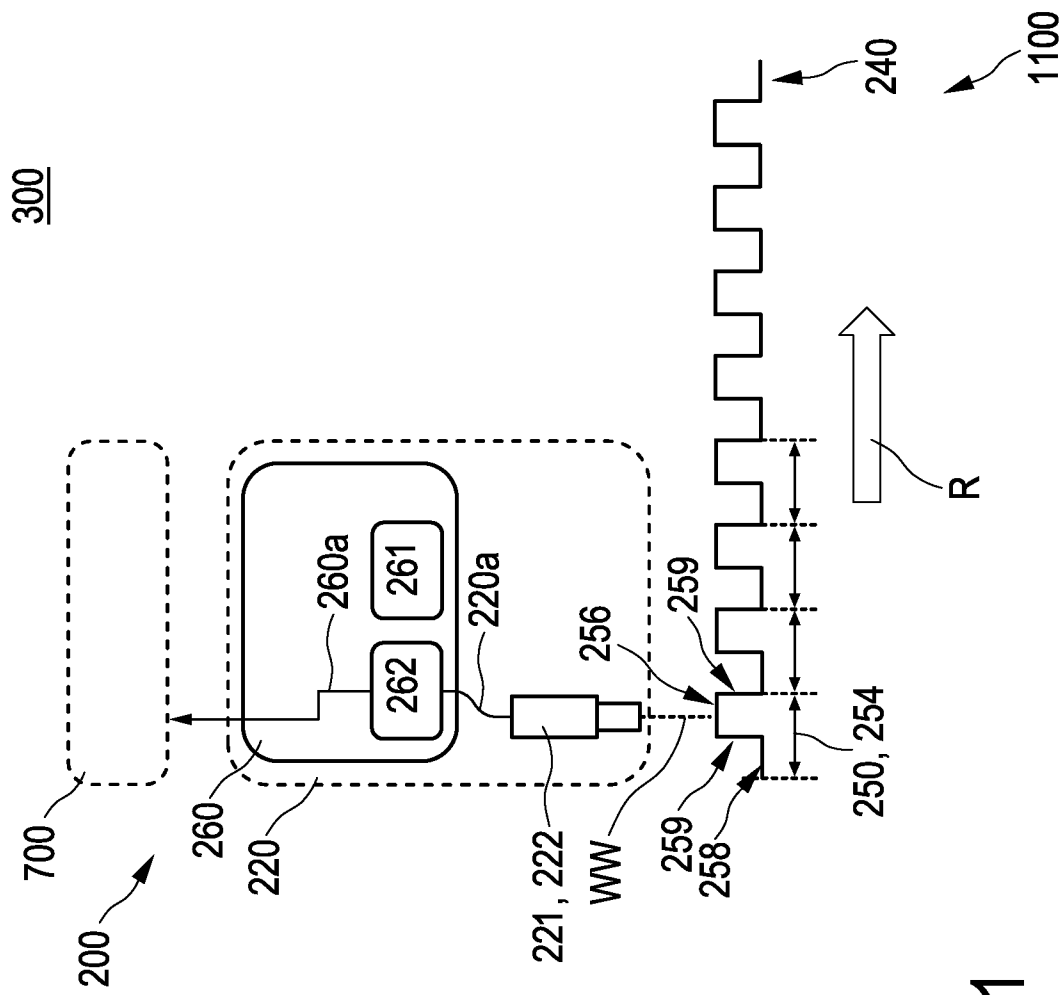
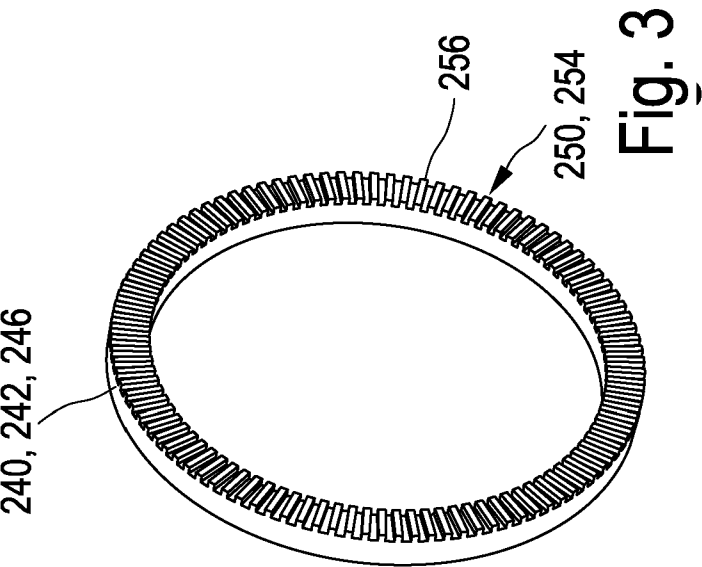
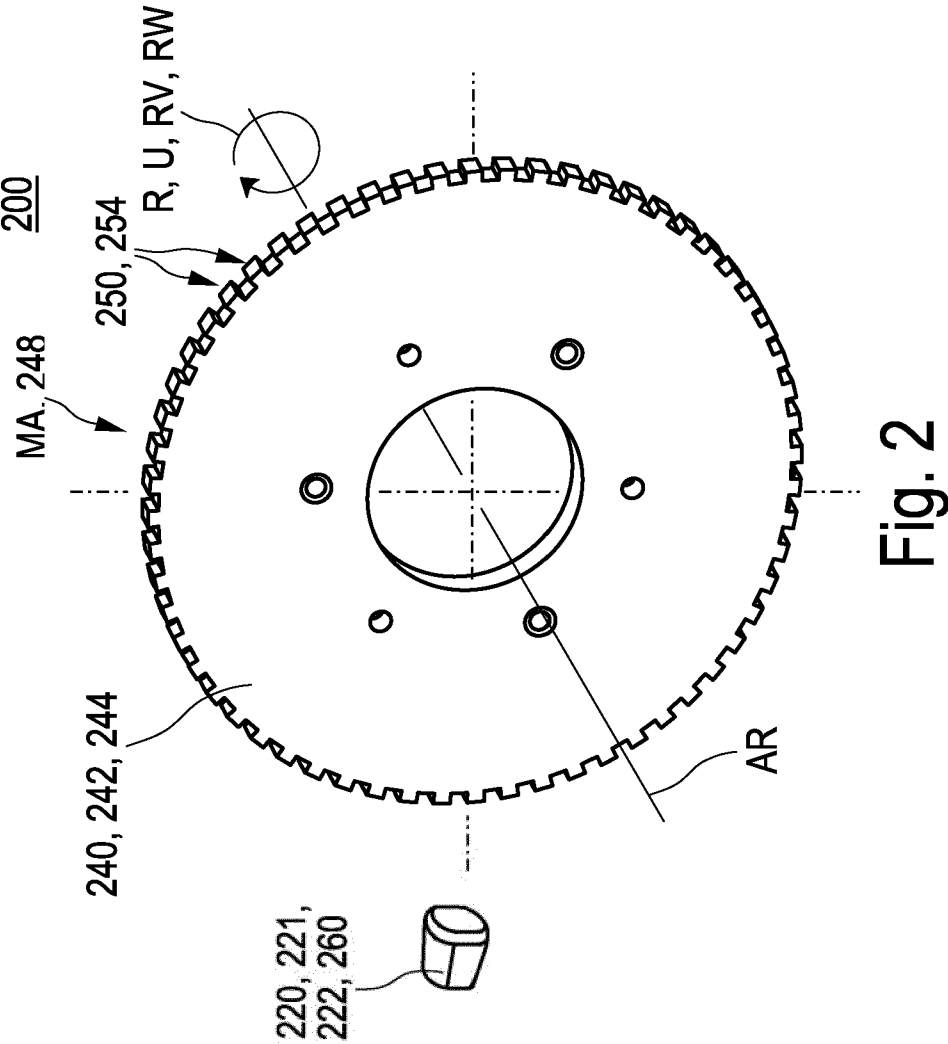
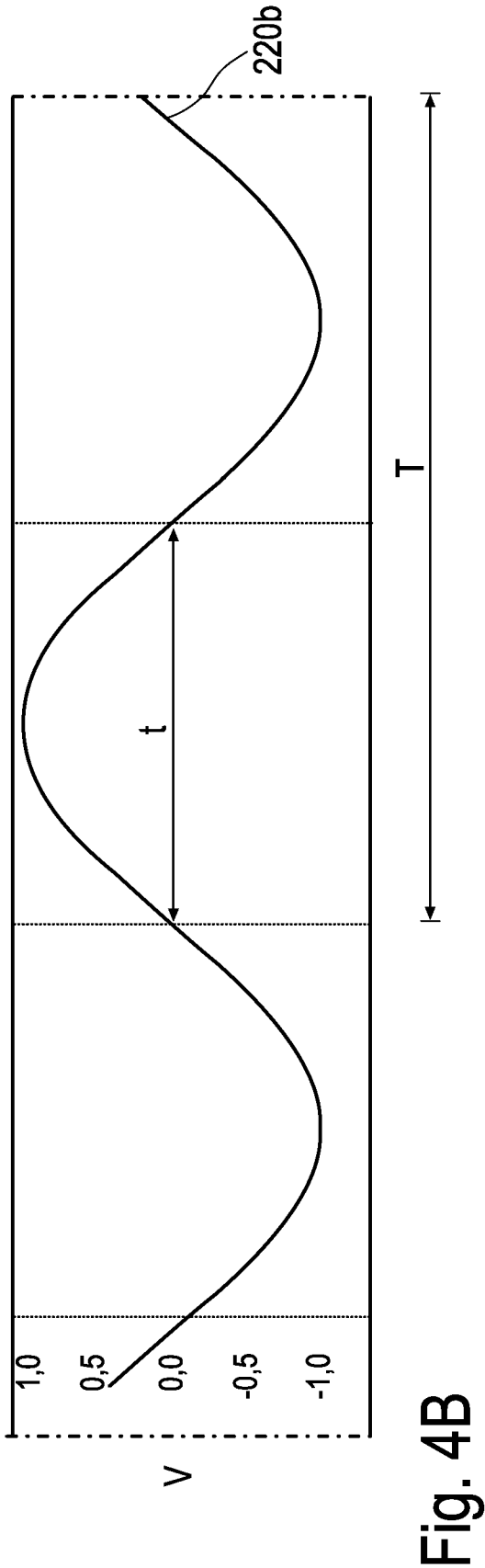
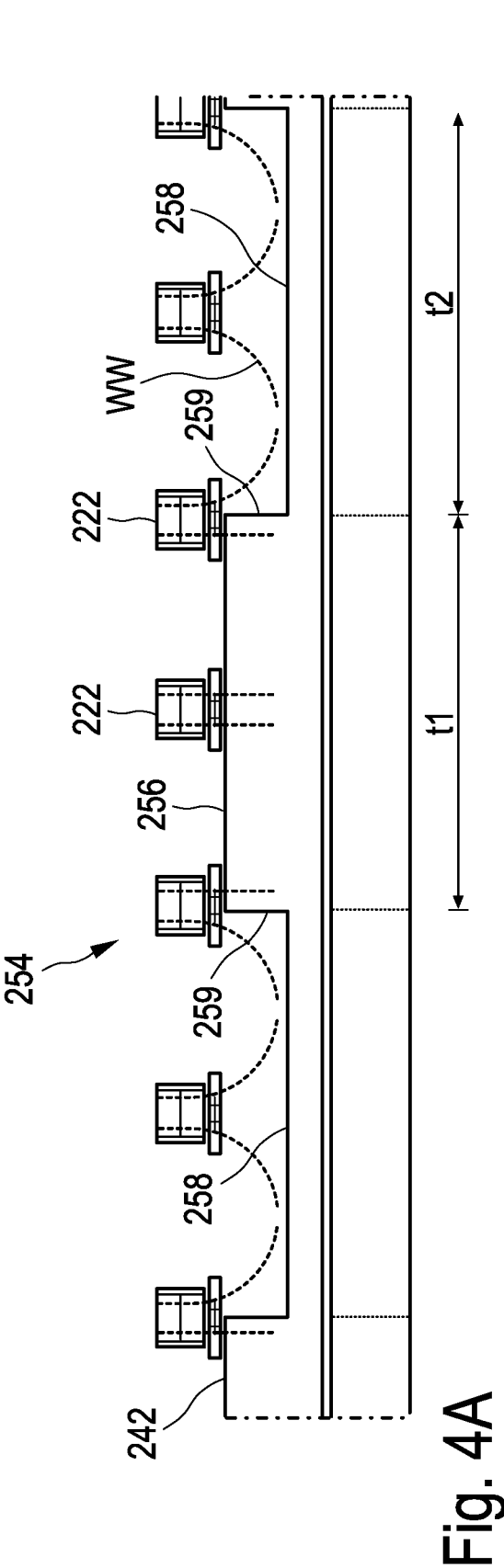


Fig. 1





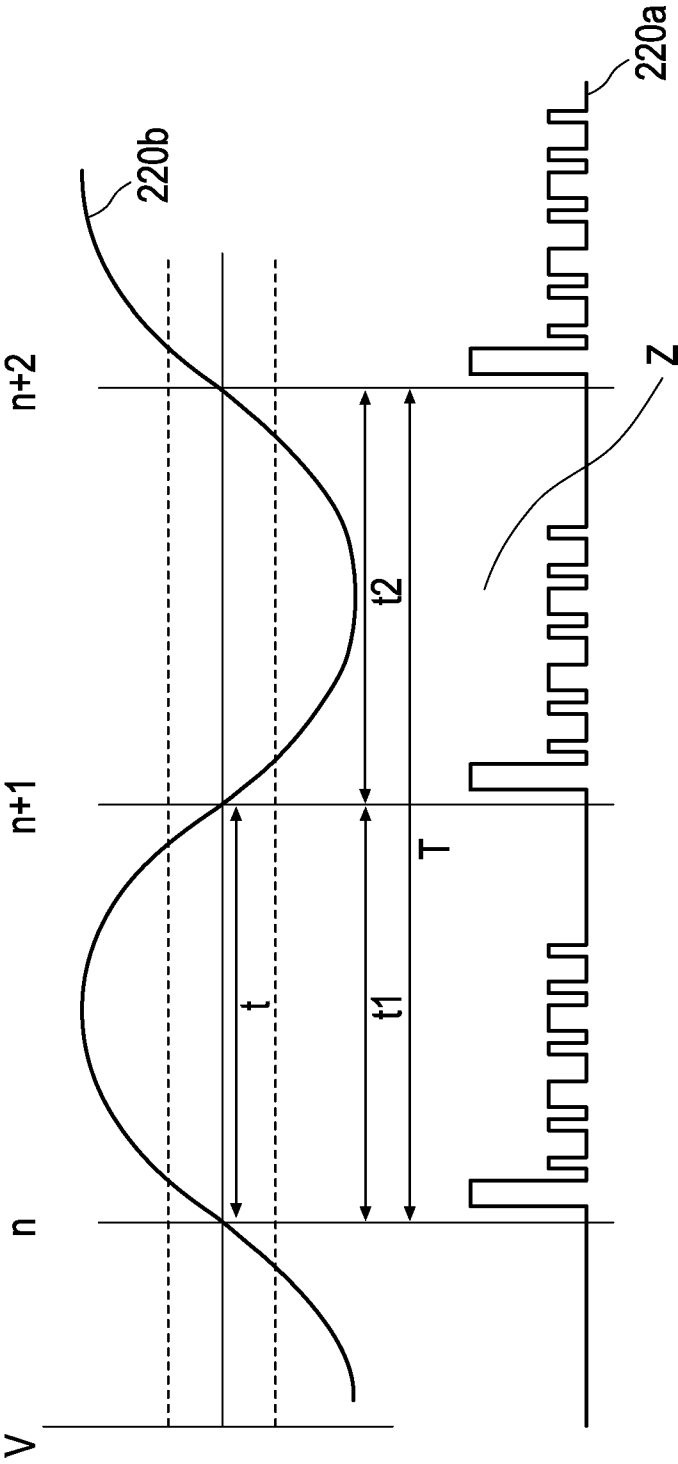


Fig. 5

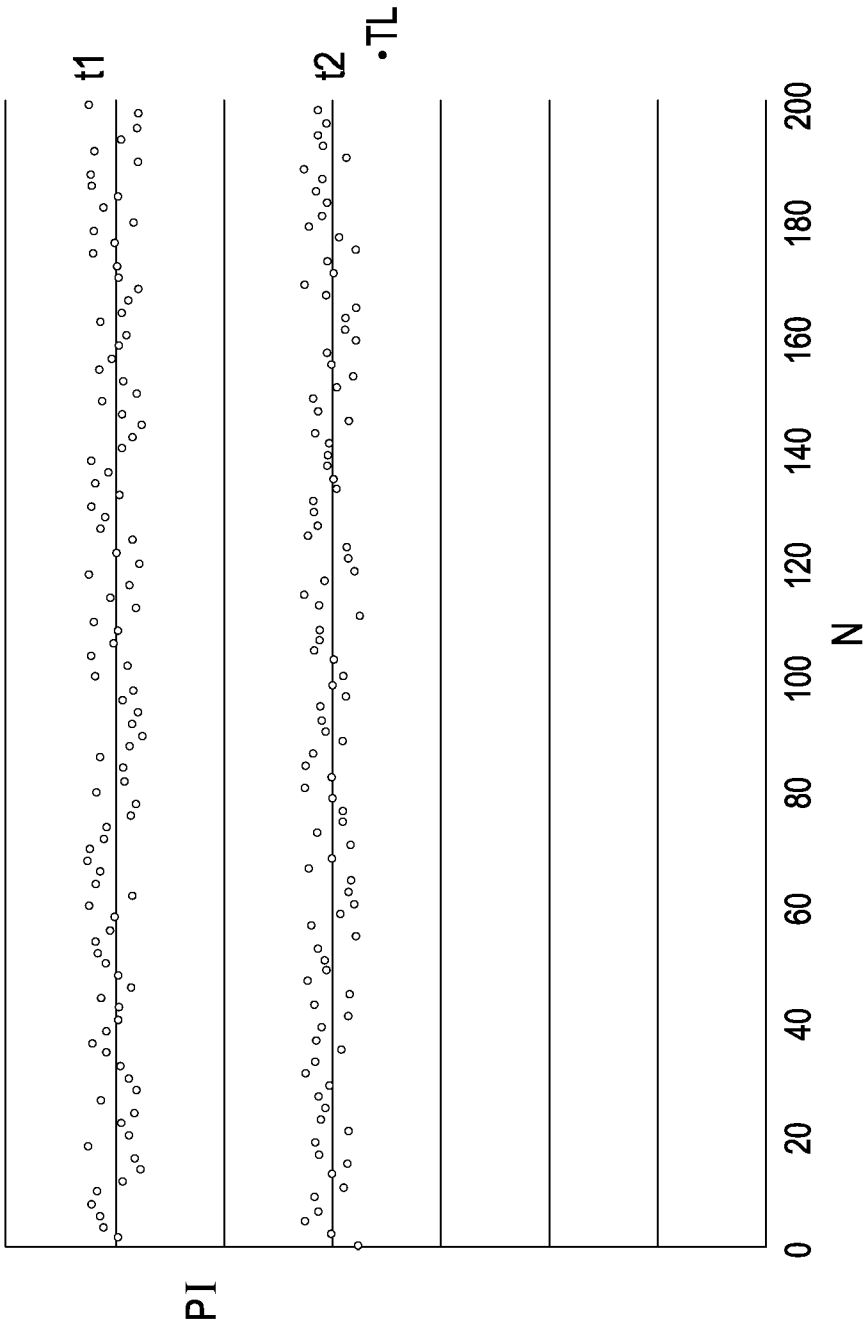


Fig. 6

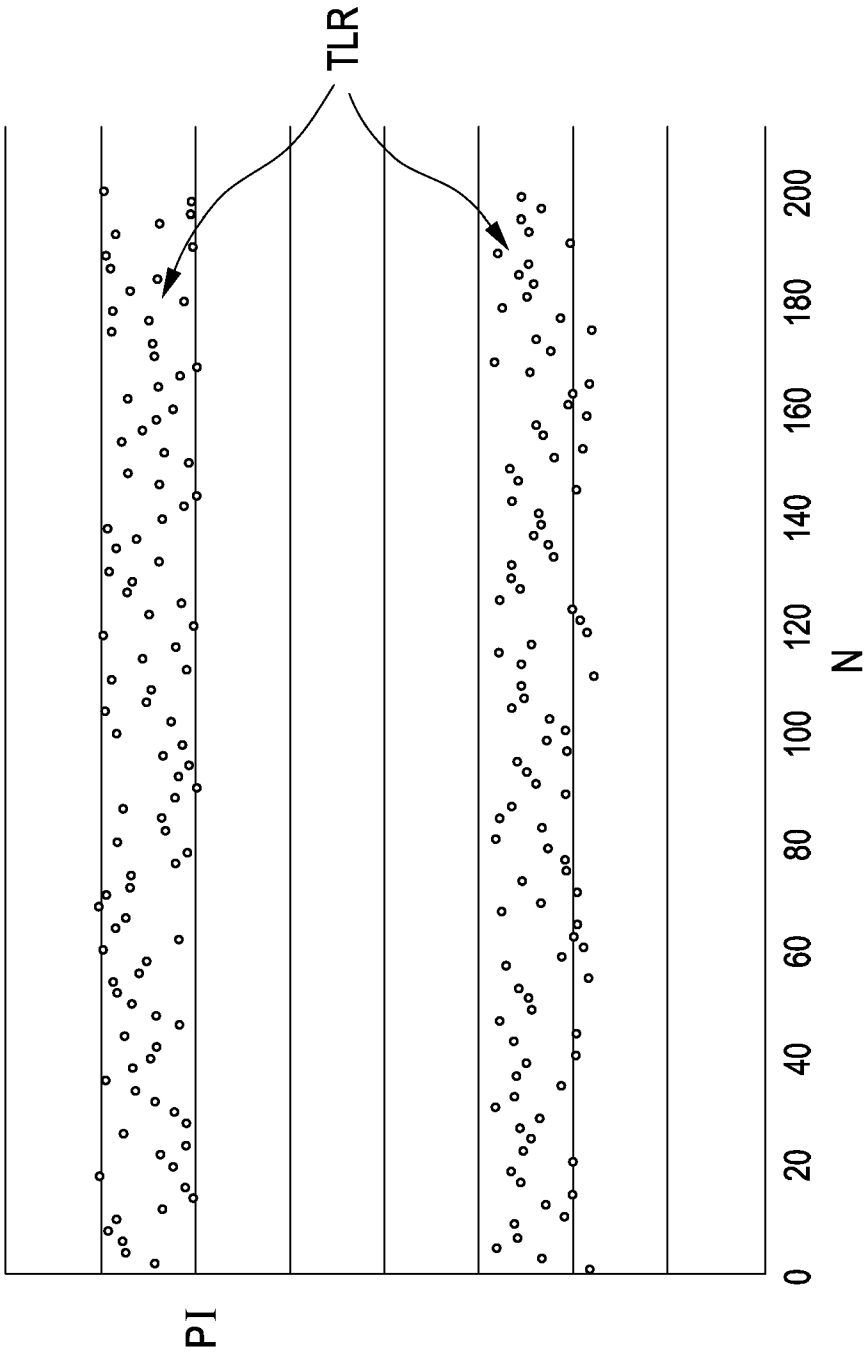


Fig. 7

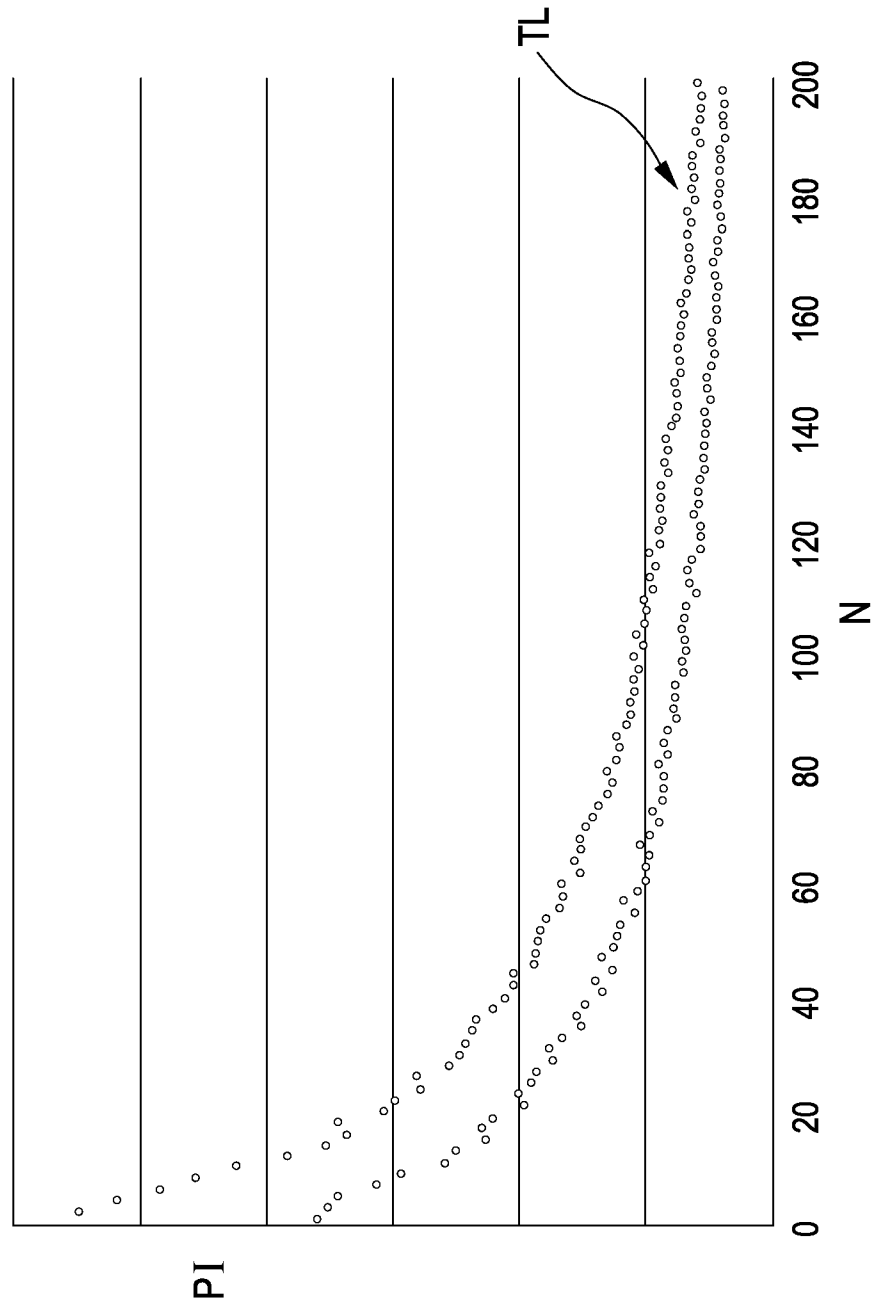


Fig. 8

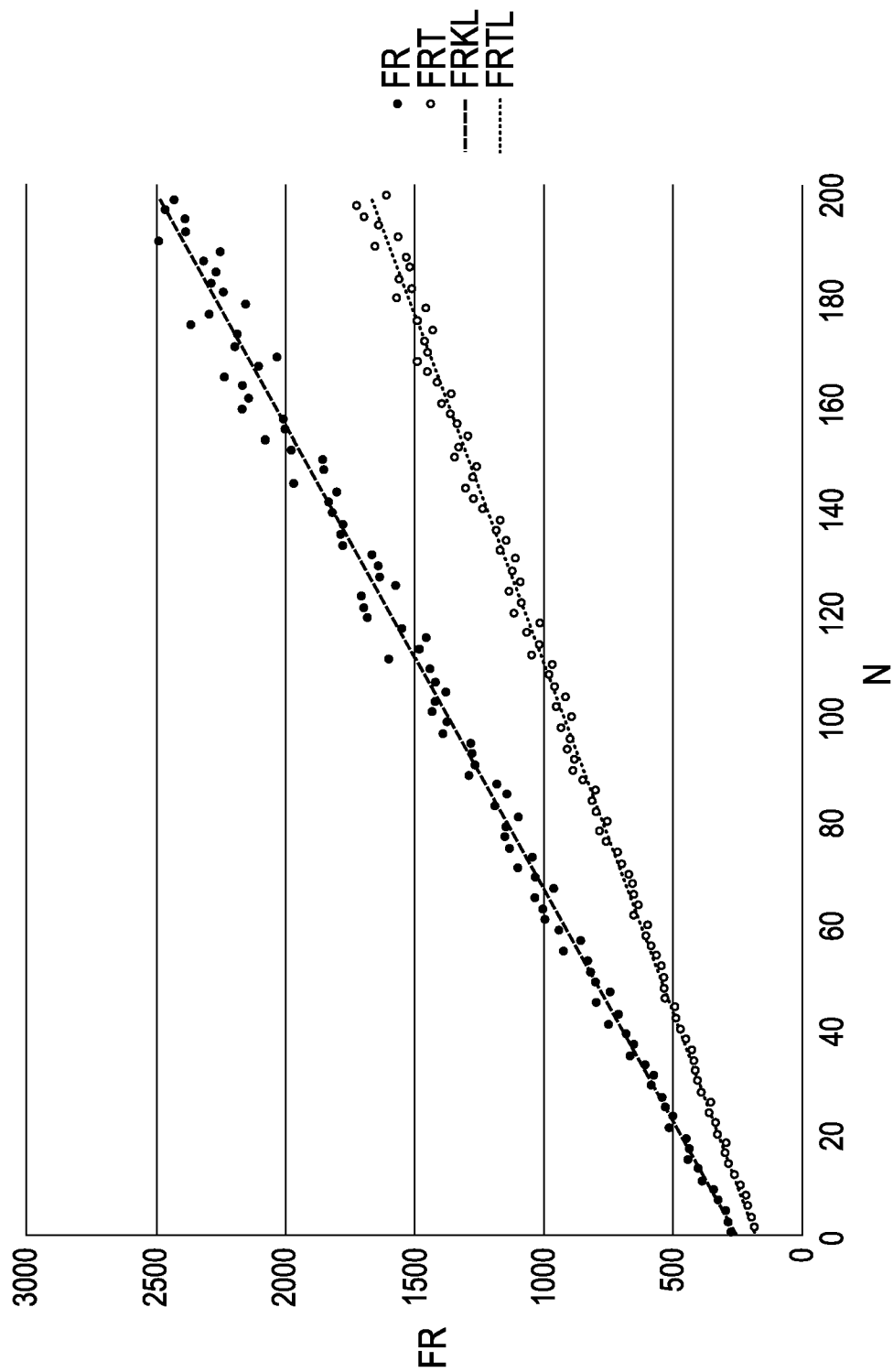


Fig. 9

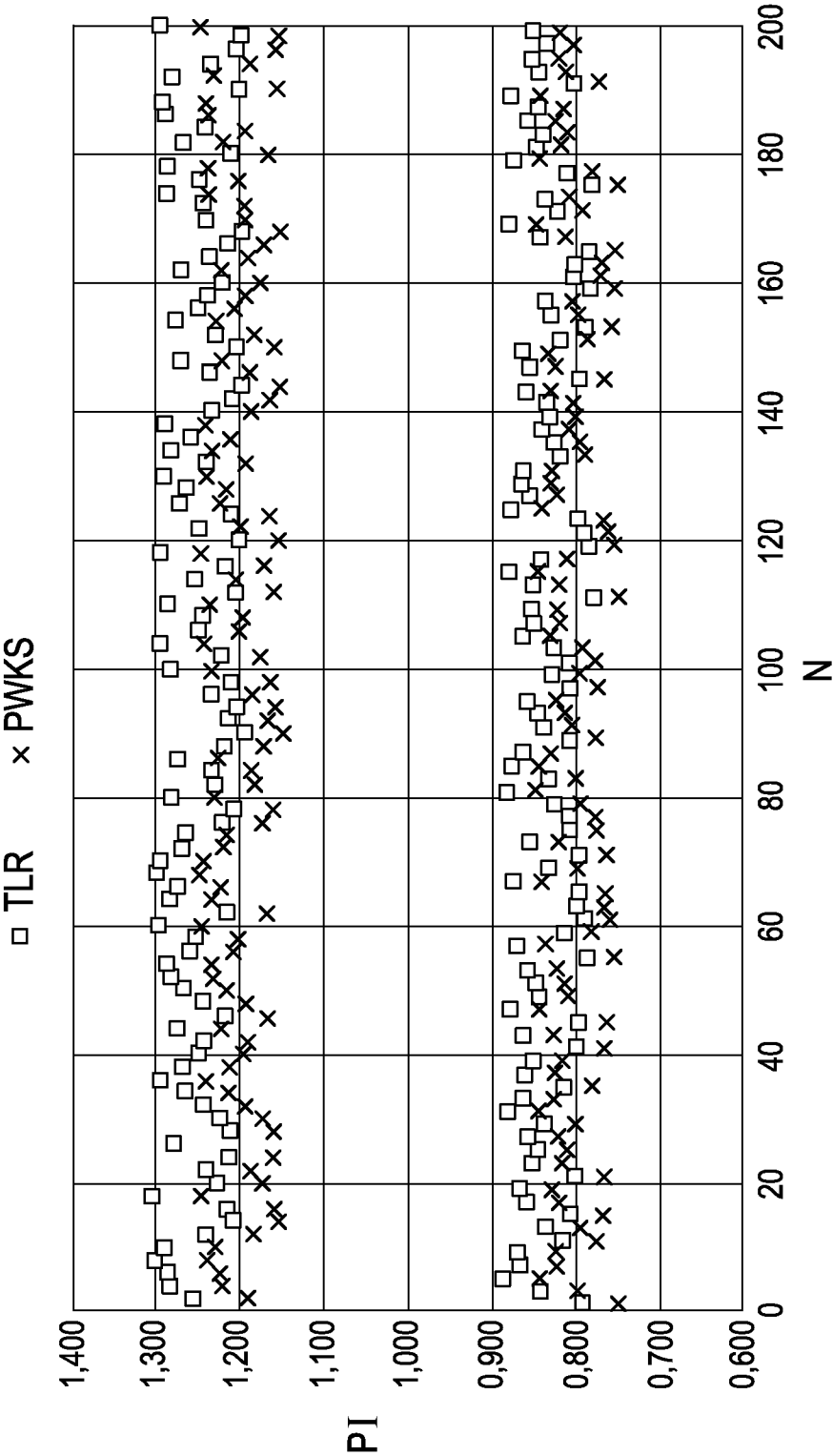


Fig. 10

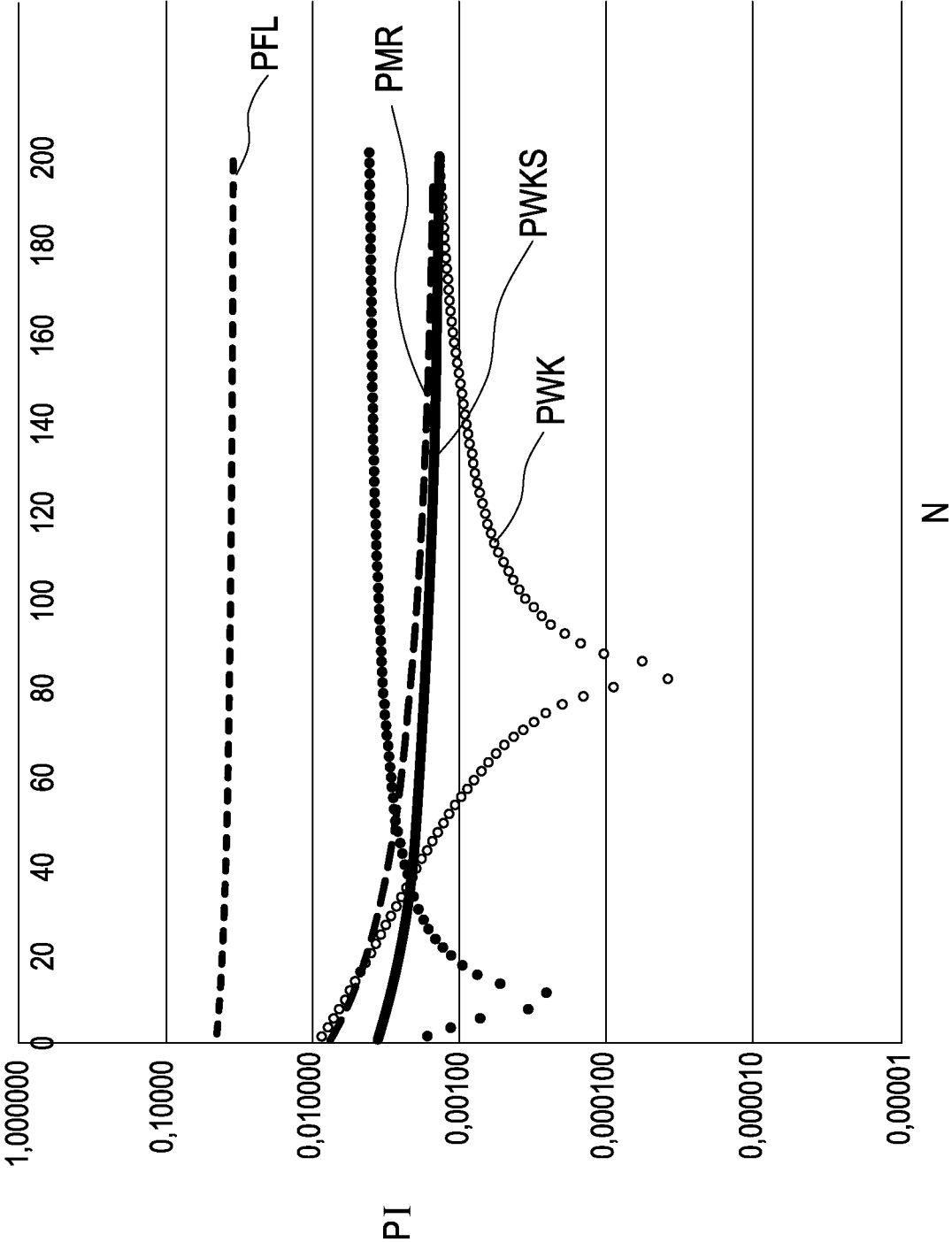


Fig. 11

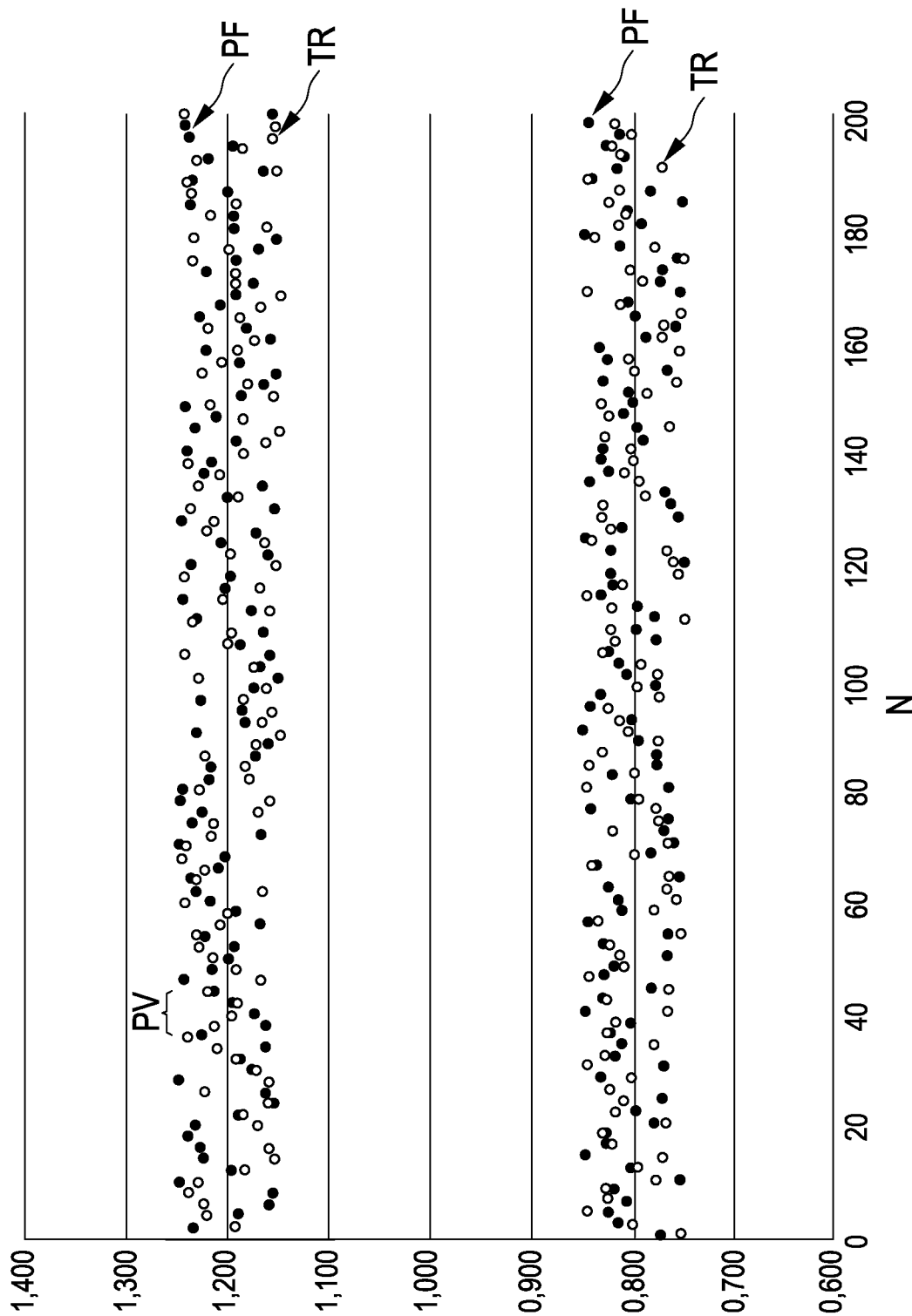


Fig. 12

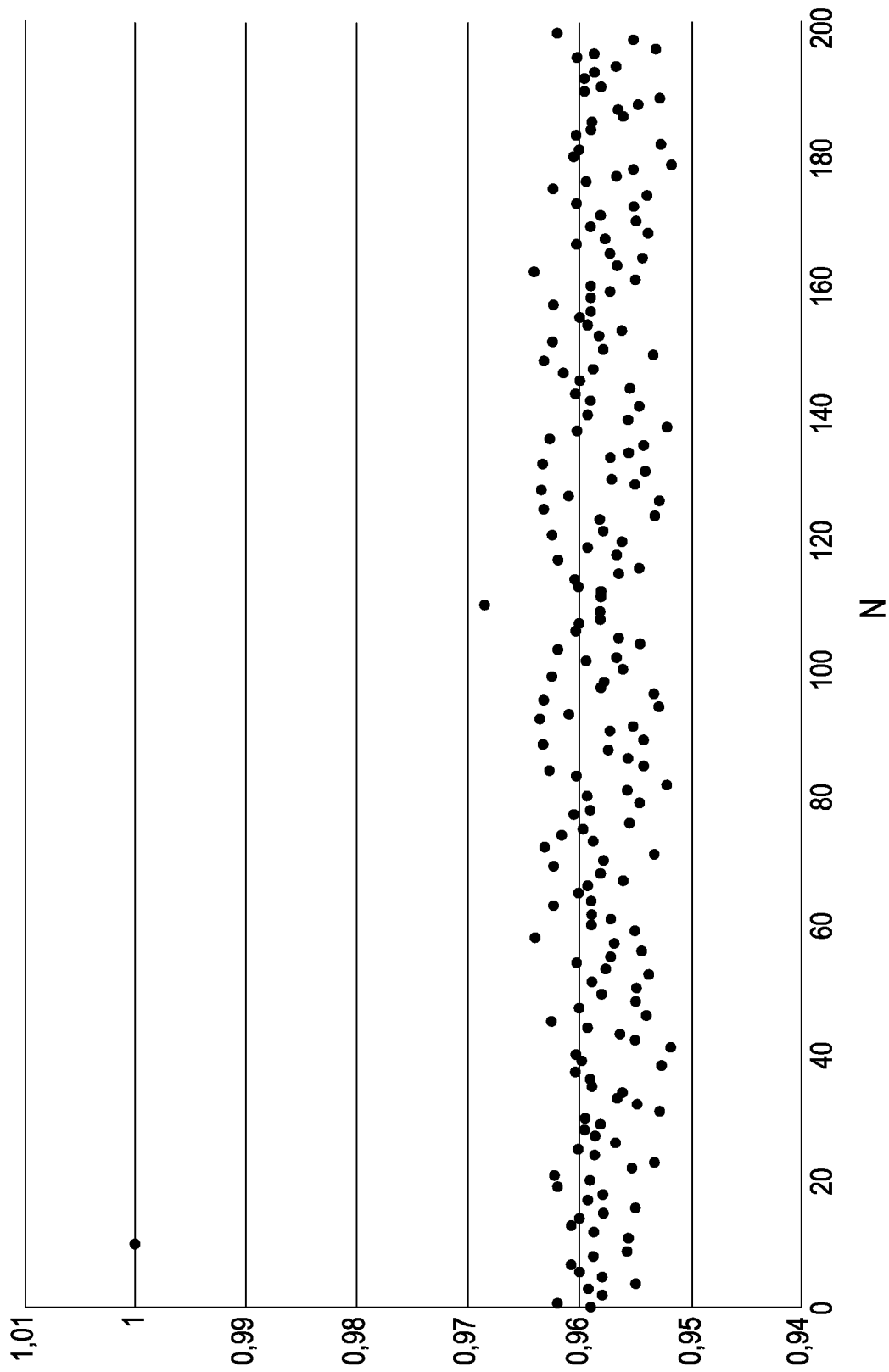


Fig. 13

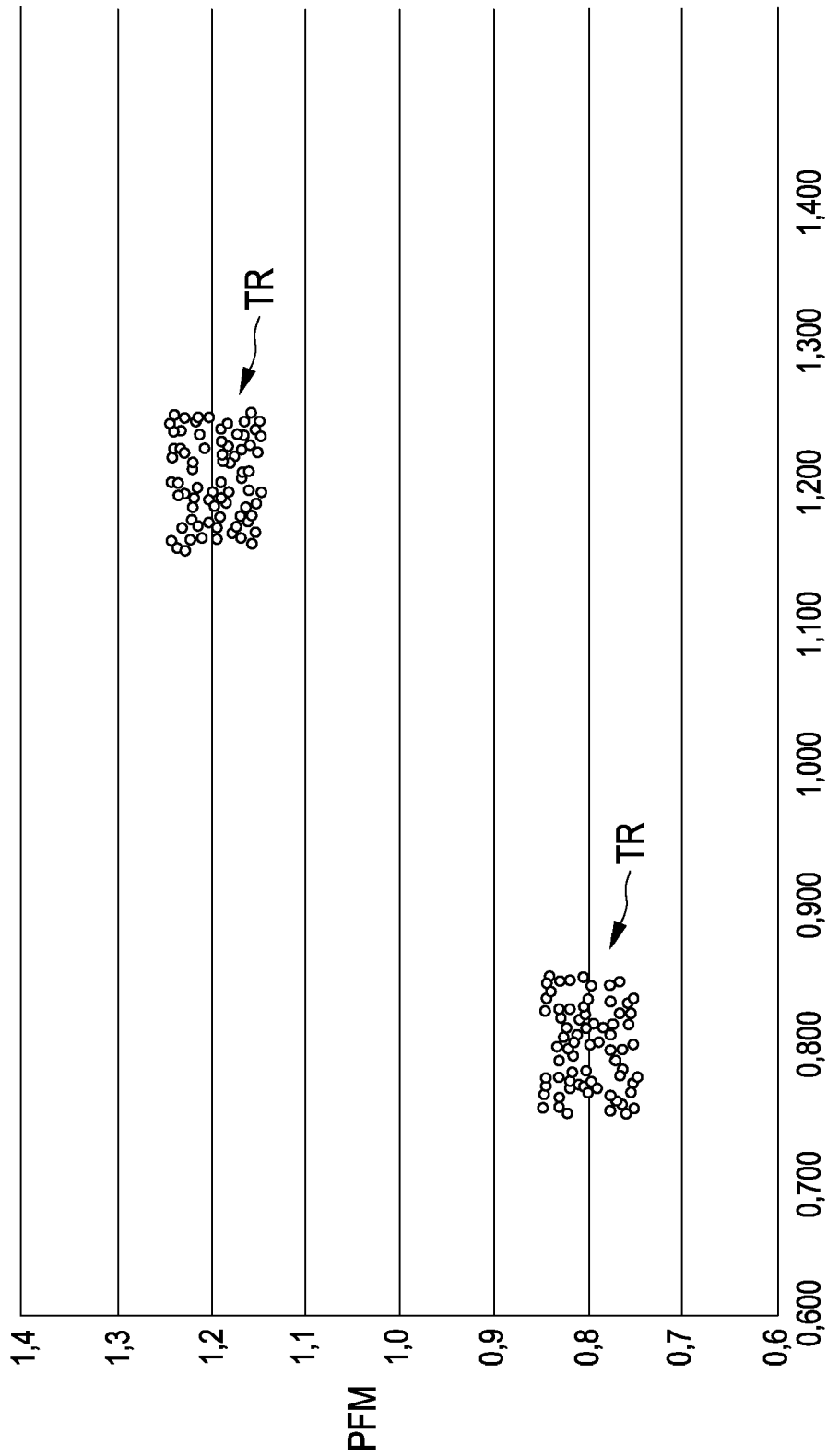


Fig. 14

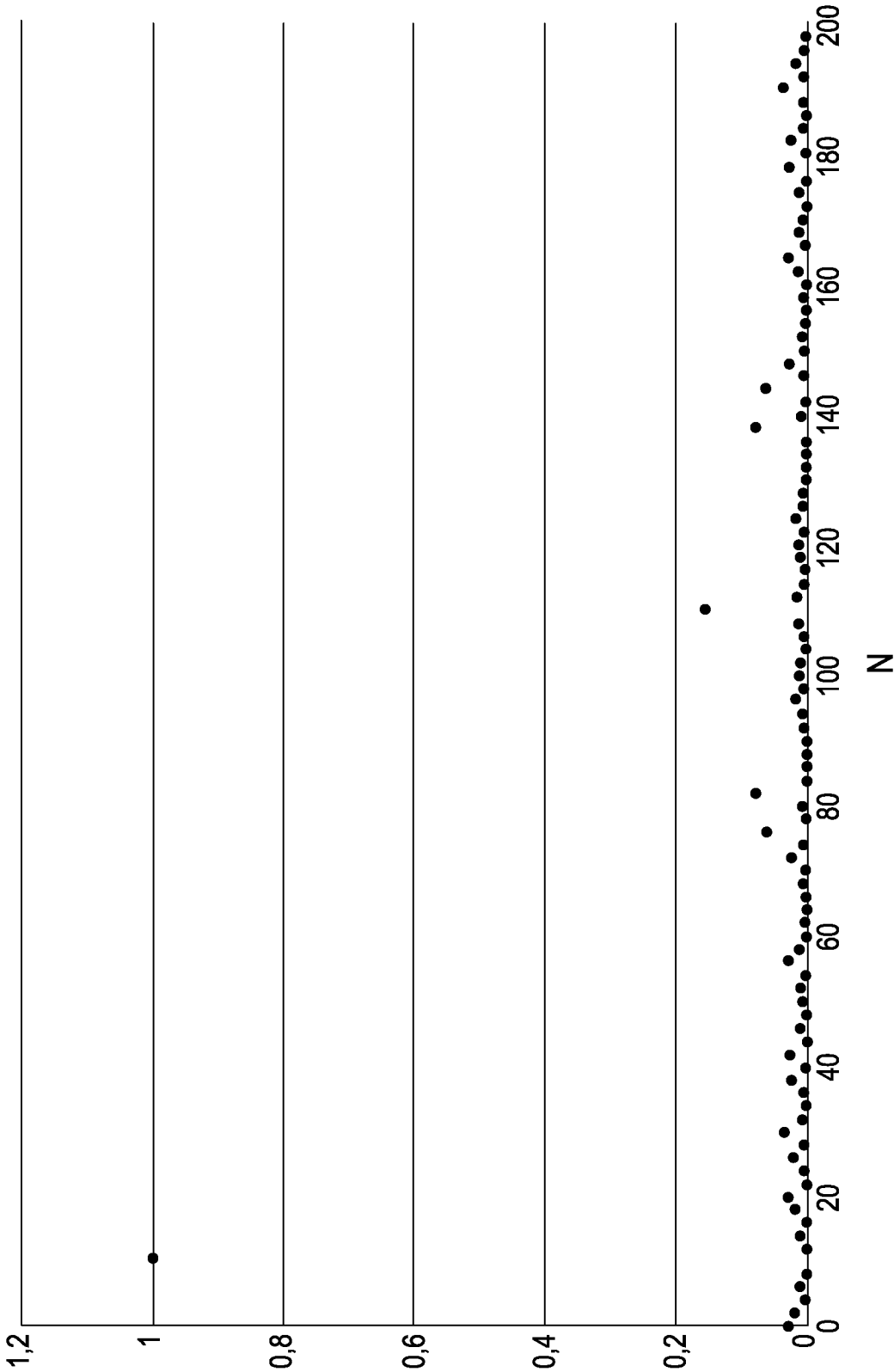


Fig. 15

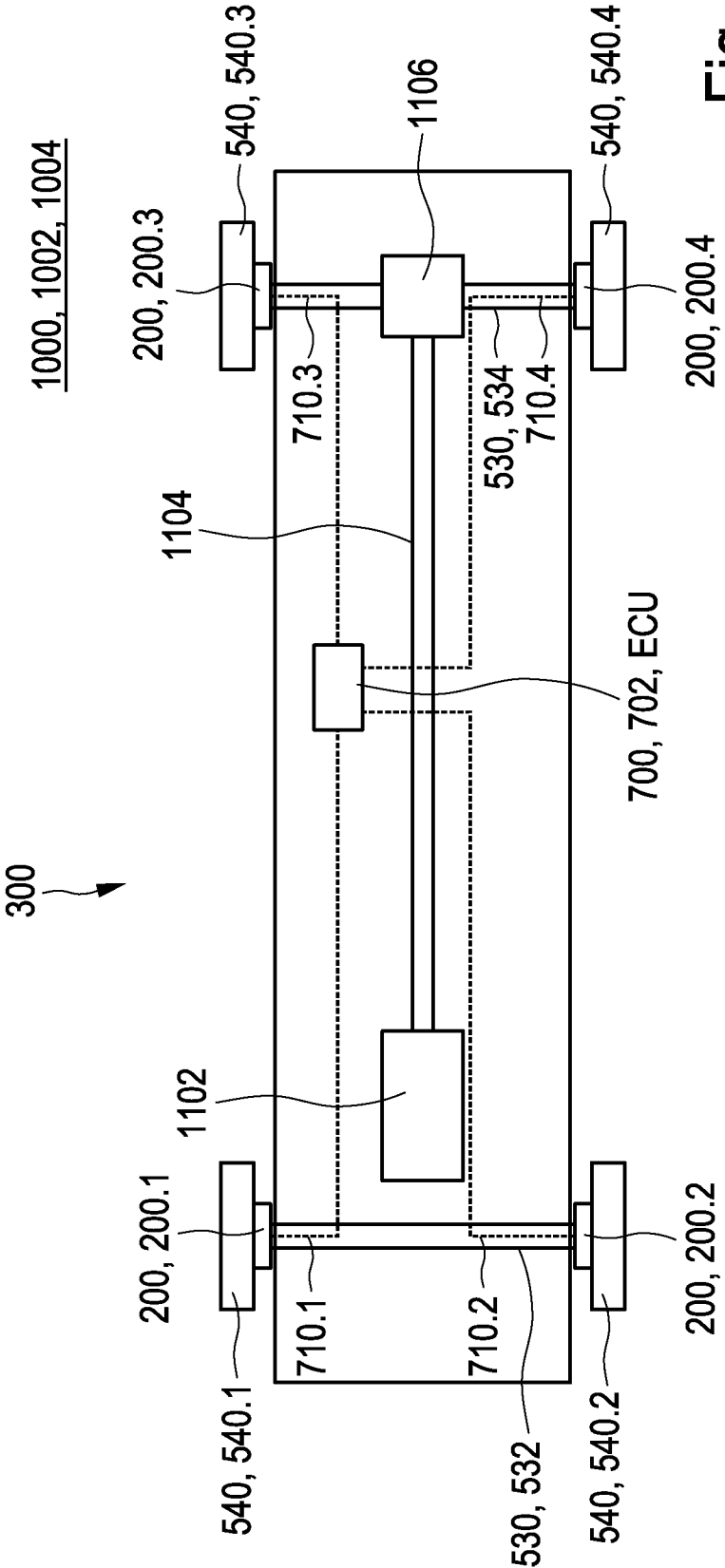


Fig. 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/061390

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01P 21/02**(2006.01)i; **G01P 3/489**(2006.01)i; **G01D 5/244**(2006.01)i; **G01D 5/245**(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01D; G01P

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102009024020 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 07 January 2010 (2010-01-07) abstract; drawings paragraphs [0001] - [0003], [0008], [0023] - [0043]	1,3-6,8-11
X	DE 102015222863 A1 (VOLKSWAGEN AG) 24 May 2017 (2017-05-24) abstract; drawings paragraphs [0006], [0011] - [0014], [0033] - [0037]	1,3-6,8-11
X	FR 2988848 A1 (RENAULT SA) 04 October 2013 (2013-10-04) abstract; figures pages 1.4-7	1-11
A	US 2015369635 A1 (SCHAFFER ET AL) 24 December 2015 (2015-12-24) paragraph [0002]	8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 June 2024

Date of mailing of the international search report

25 June 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Barthélemy, Matthieu

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/061390

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102009024020	A1	07 January 2010	DE	102009024020	A1	07 January 2010
				US	2009326860	A1	31 December 2009
				US	2015137800	A1	21 May 2015

DE	102015222863	A1	24 May 2017	NONE			

FR	2988848	A1	04 October 2013	NONE			

US	2015369635	A1	24 December 2015	CN	204065121	U	31 December 2014
				US	2015369635	A1	24 December 2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01P21/02 G01P3/489 G01D5/244 G01D5/245 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01D G01P		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2009 024020 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 7. Januar 2010 (2010-01-07) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0001] - [0003], [0008], [0023] - [0043] -----	1, 3 - 6, 8 - 11
X	DE 10 2015 222863 A1 (VOLKSWAGEN AG) 24. Mai 2017 (2017-05-24) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0006], [0011] - [0014], [0033] - [0037] -----	1, 3 - 6, 8 - 11
X	FR 2 988 848 A1 (RENAULT SA) 4. Oktober 2013 (2013-10-04) Zusammenfassung; Abbildungen Seiten 1,4-7 ----- - / - -	1 - 11
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 17. Juni 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 25/06/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Barthélemy, Matthieu

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2015/369635 A1 (SCHAFFER ET AL) 24. Dezember 2015 (2015-12-24) Absatz [0002] -----	8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/061390

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009024020 A1	07-01-2010	DE 102009024020 A1	07-01-2010
		US 2009326860 A1	31-12-2009
		US 2015137800 A1	21-05-2015

DE 102015222863 A1	24-05-2017	KEINE	

FR 2988848 A1	04-10-2013	KEINE	

US 2015369635 A1	24-12-2015	CN 204065121 U	31-12-2014
		US 2015369635 A1	24-12-2015
