

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21)	Anmeldenummer:	A 50290/2021	(51)	Int. Cl.:	G01M 99/00	(2011.01)
(22)	Anmeldetag:	20.04.2021			G01D 21/00	(2006.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.11.2022			G01M 15/02	(2006.01)
					G01M 17/00	(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1729104 A1
DE 102013220420 A1
DE 19623546 A1
EP 1219520 A2

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Priller Peter Dipl.Ing.
8111 Gratwein-Straßengel (AT)
Heschl Dominik MSc
8295 St. Johann in der Haide (AT)
Grüllenberg Rupert Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwälte Pinter & Weiss OG
1040 Wien (AT)

(54) **Prüfling mit Messmodul**

(57) Um eine flexible Prüfanordnung mit einem Prüfling (2) an einer Prüfeinrichtung (3) zur Durchführung einer Testphase einer Testsequenz anhand von Messwerten (M) des Prüflings (2) anzugeben, umfasst der Prüfling (2) ein Messmodul (1), wobei im Messmodul (1) ein Prüfsensor (10) vorgesehen ist, welcher zur Erfassung der Messwerte (M) des Prüflings (2) ausgestaltet ist. Im Messmodul (1) ist eine Kommunikationseinrichtung (11) vorgesehen, welche zur Übertragung der Messwerte (M) an eine Auswerteeinheit (30) der Prüfeinrichtung (3) ausgestaltet ist, wobei die Auswerteeinheit (30) ausgestaltet ist, die Messwerte (M) zur Durchführung der Testphase der Testsequenz zu verarbeiten.

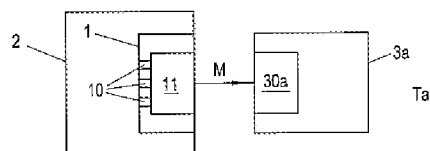


Fig. 2a

Zusammenfassung

Um eine flexible Prüfanordnung mit einem Prüfling (2) an einer Prüfeinrichtung (3) zur Durchführung einer Testphase einer Testsequenz anhand von Messwerten (M) des Prüflings (2) anzugeben, umfasst der Prüfling (2) ein Messmodul (1), wobei im Messmodul (1) ein Prüfsensor (10) vorgesehen ist, welcher zur Erfassung der Messwerte (M) des Prüflings (2) ausgestaltet ist. Im Messmodul (1) ist eine Kommunikationseinrichtung (11) vorgesehen, welche zur Übertragung der Messwerte (M) an eine Auswerteeinheit (30) der Prüfeinrichtung (3) ausgestaltet ist, wobei die Auswerteeinheit (30) ausgestaltet ist, die Messwerte (M) zur Durchführung der Testphase der Testsequenz zu verarbeiten.

Fig. 2a

Prüfling mit Messmodul

Die gegenständliche Erfindung betrifft eine Prüfanordnung mit einem Prüfling an einer Prüfeinrichtung zur Durchführung einer Testphase einer Testsequenz anhand von Messwerten des Prüflings und ein Verfahren zur Durchführung einer Testphase einer Testsequenz.

Die Erfassung und Verarbeitung von Messwerten eines Prüflings spielt in vielen Prozessen eine wichtige Rolle, insbesondere im Bereich der Forschung & Entwicklung (F&E oder R&D – Research & Development) sowie Verifikation & Validierung (VV) in der automobilen Industrie. Dies umfasst sowohl die Grundlagenforschung an Vorgängen und Materialeigenschaften, z.B. von Antriebssträngen, Energiespeichern, Energieumsetzer etc., wie auch eine Unterstützung von Entwicklungsprozessen und Optimierungen, Integration, Verifikation und Validierung von Produkten, bis hin zur Erforschung von Alterungs- und Verschleißerscheinungen. Typische Prüflinge sind dabei Einzelkomponenten (z.B. Motor, Getriebe, Batterie), Teilsysteme (z.B. Antriebsstränge) oder komplette Fahrzeuge.

Zur Erfassung und Verarbeitung von physikalischen Messwerten des Prüflings ist eine Prüfeinrichtung (auch Testeinrichtung genannt) vorgesehen. Die Prüfeinrichtung umfasst die erforderlichen Prüfsensoren und Auswerteeinheiten und kann als Prüfstand oder auch als mobile Prüfeinrichtung, welche z.B. in einem Fahrzeug verbaut ist, ausgeführt sein. Die Messwerte werden von den Prüfsensoren an die zugehörigen Auswerteeinheiten übermittelt. Die Auswerteeinheiten verarbeiten die Messwerte um Eigenschaften und/oder Zustände des Prüflings zu erforschen, charakterisieren und/oder überwachen. Die Auswerteeinheiten können auch eine Signalverarbeitung (Verstärker, Filter...), Analog-Digital-Wandlung, und Datenaufbereitung durchführen.

Während einer Testsequenz, z.B. ein Entwicklungsprozess, durchläuft ein Prüfling Testaufgaben in unterschiedlichen Testphasen. Für die einzelnen Testphasen sind oftmals unterschiedliche Prüfeinrichtungen vorgesehen, welche von verschiedenen Herstellern stammen können und damit stark voneinander divergieren. So wird beispielsweise zwischen Model-in-the-Loop (MiL), Hardware-in-the-Loop (HiL), Software-in-the-Loop (SiL) und Vehicle-in-the-Loop Tests unterschieden. Hierfür sind z.B. Komponenten-, Antriebsstrang-, Fahrzeug-, Emission-, oder Dauerlauf-Prüfstände vorgesehen. Hardware-in-the-Loop-Prüfstände sind insbesondere zum Testen von Prüflingen in Form von Steuergeräten für Verbrennungsmotoren, Hybridmotoren, Elektromotoren, Getriebe, Batterien, Brennstoffzellen, Bremsen etc. vorgesehen. Eine Testsequenz umfasst also zumindest eine, vorzugsweise jedoch mehrere, Testphasen.

Es kann selbst innerhalb einer Testphase erforderlich sein die Prüfeinrichtung zu wechseln. Beispielsweise kann der Prüfling für mechanische Adaptierungen zwischen zwei Testphasen

von der Prüfeinrichtung entfernt und in eine Werkstatt verbracht werden. Insbesondere wenn die Prüfeinrichtung als Prüfstand ausgeführt ist, kann währenddessen ein anderer Prüfling am nun freien Prüfstand getestet werden. Sind die Adaptierungen des in der Werkstatt befindlichen Prüflings abgeschlossen, so kann der Prüfling wieder an einer Prüfeinrichtung angeordnet werden. Ist die zuvor verwendete Prüfeinrichtung jedoch bereits in Verwendung, so wird für den Prüfling eine andere, freie, Prüfeinrichtung verwendet. Obwohl Prüfeinrichtungen, die für dieselbe Testphase vorgesehen sind, üblicherweise identisch oder ähnlich aufgebaut sind, ist bei einem Wechsel der Prüfeinrichtung eine neue Verkabelung und Konfiguration des der Prüfeinrichtung zugehörigen Prüfsensors mit dem Prüfling erforderlich. Damit ist es ebenso erforderlich die korrekte Verkabelung vor der nächsten Testphase zu überprüfen. Somit entsteht selbst innerhalb einer Testphase bei jedem Wechsel der Prüfeinrichtung ein gewisser Aufwand bezüglich der Verkabelung und der Prüfung der Verkabelung auf Fehler.

Deutlich schwieriger stellt sich die Situation dar, wenn die Prüfeinrichtung aufgrund eines Eintritts in eine neue Testphase gewechselt wird. Der Prüfling wird an der neuen Prüfeinrichtung mit anderen Prüfsensoren versehen, welche mit einer anderen Auswerteeinheit verbunden werden. Die Prüfsensoren unterschiedlicher Prüfeinrichtungen können dieselbe physikalische Größe oder unterschiedliche physikalische Größen erfassen. Die Auswerteeinheiten unterscheiden sich jedoch von Prüfeinrichtung zu Prüfeinrichtung. In allen Fällen muss der Prüfling für jede Testphase mit dem Sensor und der Auswerteeinheit der zugehörigen Prüfeinrichtung verkabelt und die Auswerteeinheit entsprechend konfiguriert werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bei einem Wechsel der Prüfeinrichtung erst die Sensoren der zuvor verwendeten Prüfeinrichtung vom Prüfling entfernt werden und die Sensoren der nächsten Prüfeinrichtung am Prüfling angeordnet werden. Diese neue Anordnung birgt ein Fehlerrisiko und muss daher auf Korrektheit geprüft werden. Schlussendlich geht insbesondere bei mehrphasigen Entwicklungsprozessen mit dem Wechsel der Testphase ein Wechsel der Art der Prüfeinrichtung einher, womit eine neue Parametrierung der Auswerteeinheit erforderlich ist, insbesondere wenn an der Auswerteeinheit auch Funktionen der Signalverarbeitung, Analog-Digital-Wandlung, Datenaufbereitung etc. übernommen werden. Durch den genannten Aufwand steigt die Wahrscheinlichkeit für Fehler, sei es durch falsche Verdrahtung, fehlerhafte Weitergabe von Kalibrierung oder Konfigurationsdaten.

Es ist eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung die Bereitstellung von Messwerten von Prüflingen in Testsequenzen mit mehreren Testphasen zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, indem der Prüfling ein Messmodul umfasst, wobei im Messmodul ein Prüfsensor vorgesehen ist, welcher zur Erfassung der Messwerte des Prüflings ausgestaltet ist, wobei im Messmodul eine Kommunikationseinrichtung vorgesehen ist, welche zur Übertragung der Messwerte an eine Auswerteeinheit der

5 Prüfeinrichtung ausgestaltet ist, wobei die Auswerteeinheit ausgestaltet ist, die Messwerte zur Durchführung einer Testphase der Testsequenz zu verarbeiten. Weiters wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Durchführung einer Testsequenz gelöst, wobei eine erste Testphase der Testphase mit einer ersten Prüfanordnung vorgesehen ist, in welcher ein Prüfling, umfassend ein Messmodul, an einer ersten Prüfeinrichtung angeordnet wird, wobei in der
10 ersten Testphase ein Prüfsensor eines Messmoduls des Prüflings Messwerte des Prüflings erfasst und über eine Kommunikationseinrichtung des Messmoduls an eine Auswerteeinheit der Prüfeinrichtung überträgt, wobei die Auswerteeinheit die Messwerte zur Durchführung der ersten Testphase der Testsequenz verarbeitet. Natürlich kann der Prüfling auch mehr als ein Messmodul umfassen. In einem Messmodul kann auch eine Mehrzahl an Prüfsensoren
15 vorgesehen sein. Weiters können in einem Messmodul mehrere Kommunikationseinrichtungen, vorzugsweise unterschiedlichen Typs, vorgesehen sein. Damit können beispielsweise unterschiedliche Standards, z.B. Bluetooth und WiFi, unterstützt werden.

Betriebssensoren können wie Prüfsensoren am Prüfling vorgesehen sein, sind jedoch
20 lediglich für den Betrieb des Prüflings und nicht für die Durchführung einer Testphase ausgelegt. Die Prüfsensoren unterscheiden sich von Betriebssensoren durch eine erhöhte Genauigkeit, schnellere Auslesefrequenzen und nicht zuletzt durch ihren höheren Preis. In Fahrzeugkomponenten (z.B. Getriebe, Motor, Benzinpumpe, Batterie,...) sind üblicherweise serienmäßig Betriebssensoren eingebaut, deren Spezifikation (Messbereich, Genauigkeit,
25 Auflösung, Temperaturgang, Bandbreite...) für die Anwendung im normalen Betrieb ausreicht (z.B. für eine Motorsteuerung). Um diese Fahrzeugkomponenten jedoch als Prüfling an einer Prüfeinrichtung analysieren zu können (z.B. für eine Optimierung, eine Weiterentwicklung, oder auch eine Zertifizierung der betreffenden Fahrzeugkomponente), müssen die hierfür verwendeten Prüfsensoren bessere Spezifikationen als die eingebauten
30 Betriebssensoren aufweisen. Bezüglich der Genauigkeit kann eine Größenordnung (Faktor 10) angegeben werden und ein Faktor 2...5 in anderen Spezifikationen. Für Prüfsensoren zum Ermitteln von Temperaturen kann beispielsweise in einem Messbereich von - 50 °C bis 200 °C ein maximaler Messfehler von 0.1 °C vorgesehen sein.

Da am Prüfling ein Messmodul mit einem Prüfsensor und mit einer mit dem Prüfsensor
35 verbundene Kommunikationseinrichtung vorgesehen sind, ist es nicht erforderlich vor der Durchführung einer Testphase einen Prüfsensor, welcher der Prüfeinrichtung zugehörig ist, am Prüfling anzuordnen. Vielmehr ist es ausreichend, wenn mittels der

Kommunikationsverbindung des Messmoduls eine Verbindung mit der Auswerteeinheit der Prüfeinrichtung hergestellt wird. Im Messmodul werden durch den Prüfsensor Messwerte ermittelt, welche mittels der Kommunikationsverbindung an die Auswerteeinheit übermittelt werden. Dadurch werden potentielle Fehler bei der Anbringung des Prüfsensors am Prüfling vermieden. Zudem ist die Handhabung des Prüfaufbaus wesentlich einfacher und effizienter.

Vorzugsweise wird die erste Testphase der Testsequenz beendet, wobei der Prüfling von der ersten Prüfeinrichtung entfernt wird, und ist eine zweite Testphase der Testsequenz mit einer zweiten Prüfanordnung vorgesehen, in welcher der Prüfling an einer zweiten Prüfeinrichtung angeordnet wird, wobei in der zweiten Testphase der Testsequenz der Prüfsensor des

Messmoduls des Prüflings Messwerte des Prüflings erfasst und über die Kommunikationseinrichtung des Messmoduls an eine Auswerteeinheit der zweiten Prüfeinrichtung überträgt, wobei die Auswerteeinheit die Messwerte zur Durchführung der Testphase verarbeitet. Da der Prüfling das Messmodul umfasst, wird das Messmodul mitsamt dem Prüfling nach der ersten Testphase von der ersten Prüfeinrichtung entfernt. Da der Prüfling bereits fertig instrumentiert (d.h. mit Prüfsensoren versehen) ist, ist ein Wechsel zwischen unterschiedlichen Prüfanordnungen, d.h. ein Wechsel der Prüfeinrichtungen, selbst zwischen verschiedenen Testphasen, ohne die oben erwähnten Zusatzaufwände für ein Anordnen und Neukonfiguration der Prüfsensoren möglich. Der Prüfsensor und seine Verbindung zur Kommunikationseinheit werden dabei nicht weiter manipuliert. Somit kommen nicht nur bei einem Wechsel der Prüfeinrichtung innerhalb einer Testphase, sondern auch über verschiedene Testphasen hindurch stets die identischen, am Prüfling vorgesehenen, Prüfsensoren zum Einsatz, was konsistente und vergleichbare Messwerte liefert, ohne eine Kalibrierung oder Vergleichsmessungen verschiedener Prüfsensoren zu erfordern. Es ist also möglich ohne einen Eingriff in den Prüfling die erfassten Messwerte derselben Prüfsensoren in verschiedenste Auswerteeinheiten unterschiedlicher Prüfeinrichtungen zu liefern. Nicht unbedeutend ist die Tatsache, dass die erwähnten Fehlerquellen vermieden werden. Es kann auch vorgesehen sein, dass Funktionen, die nach dem Stand der Technik der Auswerteeinheit zugehörig waren, in das Messmodul verlagert werden können, z.B. Funktionen der Signalverarbeitung, Analog-Digital-Wandlung, Datenaufbereitung etc.

Vorzugsweise ist das Messmodul integraler Bestandteil des Prüflings. Vorzugsweise wird das Messmodul vor Beginn der Testsequenz, vorzugsweise bereits beim Aufbau des Prüflings selbst, am Prüfling verbaut. Damit verbleibt das Messmodul über mehrere Testphasen hinweg am Prüfling.

Das Messmodul kann an einem Gehäuse des Prüflings integriert sein. So kann beispielsweise das Messmodul samt Prüfsensor und Kommunikationseinheit bereits beim Zusammenbau des Prüflings in das Gehäuse eingebaut werden.

Es ist vorteilhaft, wenn das Messmodul unlösbar am Prüfling integriert ist. Somit ist das Messmodul nicht zerstörungsfrei vom Prüfling entfernbar. Hierzu kann das Messmodul im Rahmen eines Herstellungsprozesses des Prüflings, beispielsweise bereits im Prototypen-Bau in der Komponentenfertigung, in den Prüfling integriert werden, z.B. indem ein

5 Dehnmessstreifen (Prüfsensor zur Messung einer Kraft) innerhalb einer mehrschichtigen Lagerschale (Prüfling) integriert wird. So kann es vorteilhaft sein, additive Fertigungsschritte (AM - additive manufacturing) anzuwenden. Damit verbleibt das Messmodul für die gesamten Lebenszeit des Prüflings im oder am Prüfling. Das führt natürlich zu höheren Kosten, weshalb in den Prüfling unlösbar integrierte Messmodule insbesondere für Prüflinge,

10 welche Prototypen darstellen, oder einzelne ausgewählte Prüflinge vorteilhaft sind. In den Prüfling unlösbar integrierte Messmodule sind aber auch grundlegend für eine Serienproduktion vorstellbar.

Vorzugsweise ist die Kommunikationseinrichtung zur drahtlosen Übermittlung der Messwerte an die Auswerteeinheit ausgestaltet. In diesem Fall kann das Messmodul auch als Wireless

15 Sensor Node (WSN) bezeichnet werden. Durch eine drahtlose Übermittlung der Messwerte können gegenüber einer kabelgebundenen Übermittlung der Messwerte Kontaktfehler (intermittierende Kontakte, Kontaktübergangswiderstände, Einstreuung von Störungen) vermieden werden. Zudem ist die Verbindung der Kommunikationseinrichtung zur Auswerteeinheit einfacher herstellbar. Da in dieser bevorzugten Ausgestaltung der Prüfling

20 das Messmodul mit dem Prüfsensor und der Kommunikationseinrichtung umfasst und zudem die Kommunikationseinrichtung zur drahtlosen Übermittlung der Messwerte an die Auswerteeinheit ausgestaltet ist, ist ein Wechsel der Prüfeinrichtung denkbar einfach durchführbar. Es muss lediglich eine drahtlose Verbindung zwischen der Kommunikationseinrichtung und der Auswerteeinheit hergestellt werden, womit keinerlei

25 Manipulation des Prüfsensors oder Herstellung von Steckverbindungen erforderlich ist.

Das Messmodul kann einen Analog-Digital-Wandler zur Wandlung analoger Messwerte in digitale Messwerte umfassen, wobei die Kommunikationseinrichtung zur Übertragung der digitalen Messwerte an die Auswerteeinheit ausgestaltet ist. Damit wird die Störanfälligkeit bei der Übertragung der digitalisierten Messwerte reduziert und es ist keine Analog-Digital-

30 Wandlung der Messwerte an der Auswerteeinheit erforderlich.

Das Messmodul kann weiters eine Signalverarbeitungseinheit zur Verarbeitung von Messwerten umfassen. Die Signalverarbeitungseinheit kann wiederum eine Recheneinheit (z.B. eine CPU) beinhalten, auf welcher eine Umrechnung und/oder Kalibrierung und/oder Linearisierung und/oder eine Vor-Auswertung der Messwerte erfolgen kann, womit diese und

35 weitere Funktionen nicht von der Auswerteeinheit durchgeführt werden müssen. Auch kann beispielsweise anhand der Signalverarbeitungseinheit eine Verschlüsselung der Messwerte durch kryptographische Methoden erfolgen. Ist ein Analog-Digital-Wandler vorgesehen, so

kann vor dem Analog-Digital-Wandler eine Signalverarbeitungseinheit vorgesehen sein, um die analogen Messwerte zu verarbeiten, und/oder nach dem Analog-Digital-Wandler eine Signalverarbeitungseinheit vorgesehen sein die digitalen Messwerte zu verarbeiten.

Vorteilhafterweise umfasst das Messmodul eine, vorzugsweise nichtflüchtige,

- 5 Speichereinheit zur Speicherung von Messwerten. Damit ist Erfassung von Messwerten auch unabhängig von einer Auswertereinheit und ohne eine Anordnung an einer Prüfeinrichtung möglich. Vorzugsweise werden die Messwerte vor dem Speichern durch kryptographische Methoden verschlüsselt.

So kann das Messmodul beispielsweise konfiguriert sein, unter Verwendung des

- 10 Prüfsensors permanent oder abschnittsweise Messwerte zu erfassen und in der Speichereinheit zu speichern, um die Messwerte in der Speichereinheit aufzuzeichnen. Dies kann während der Übermittlung der Daten an die Auswertereinheit erfolgen, aber auch zusätzlich oder stattdessen wenn die Kommunikationseinheit des Messmoduls mit keiner Auswertereinheit einer Prüfeinrichtung verbunden ist.

- 15 Das Messmodul kann aber auch derart konfiguriert sein, dass die Messwerte nur außerhalb, z.B. zwischen den, Testphasen (z.B. bei einem Umbau oder einer Lagerung des Prüflings), d.h. ohne eine Verbindung der Kommunikationseinrichtung in der Speichereinheit gespeichert werden. Damit ist ebenso eine lückenlose Aufzeichnung der Messwerte gewährleistet, da die Messwerte bei Verbindung des Messmoduls (via der
- 20 Kommunikationseinrichtung) mit einer Auswertereinheit einer Prüfeinrichtung anhand der Auswertereinheit aufgezeichnet werden und bei Nicht-Verbindung des Messmoduls mit einer Auswertereinheit die Messwerte in der Speichereinheit aufgezeichnet werden.

Weiters kann das Messmodul eine Energieversorgungseinheit, vorzugsweise eine Energy-Harvesting-Einheit und/oder einen Langzeitenergiespeicher, zur Energieversorgung des

- 25 Messmoduls umfassen. Damit ist zur Energieversorgung des Messmoduls keine externe Energieversorgung erforderlich, was besonders in Verbindung mit einer Speichereinheit vorteilhaft ist. Energy Harvesting bezeichnet die Gewinnung elektrischer Energie aus Umgebungseffekten, insbesondere Mikroeffekten wie Vibrationen (z.B. mittels piezoelektrischer Kristalle), Temperaturunterschieden (z.B. mittels pyroelektrischer Kristalle),
- 30 elektromagnetischer Strahlung (z.B. mittels passiver RFIDs), Photovoltaik, Osmose etc. Energy-Harvesting-Einheiten werden auch als Nanogenerator bezeichnet. Umfasst das Messmodul weitere Submodule wie beispielsweise eine Identifikationseinheit, eine Ortungseinheit, eine Speichereinheit etc. so ist es vorteilhaft, wenn zumindest ein Teil dieser Submodule durch die Energieversorgungseinheit mit Energie versorgt wird.

Vorzugsweise werden die Messwerte, z.B. über die Kommunikationseinrichtung, an eine Anzeigeeinheit übertragen und an dieser visualisiert. Die Anzeigeeinheit kann auch unabhängig von der Auswerteeinheit oder der Prüfeinrichtung sein.

Der Prüfsensor kann ausgestaltet sein, zumindest eine der folgenden Messwerte des Prüflings zu erfassen: Druck, Temperatur, Drehzahl, Drehmoment, Strom, Spannung, Gaskonzentration, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Partikelkonzentration, Feuchte.

Vorteilhafterweise umfasst das Messmodul eine Identifikationseinheit, welche ausgestaltet ist Funktionen und/oder Eigenschaften des Messmoduls gegenüber externen Systemen, z.B.

der Prüfeinrichtung, bereitzustellen, wobei die Identifikationseinheit vorzugsweise entsprechend der Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Funktionalitäten nach der Norm ISO/IEC/IEEE 21450:2010 konfiguriert ist. Damit wird es ermöglicht die Messwerte im richtigen Format und semantisch korrekt den unterschiedlichen Auswerteeinheiten unterschiedlicher Prüfeinrichtungen (die ggf. auch von unterschiedlichen Herstellern stammen können) zur Verfügung zu stellen. Vorzugsweise erfolgt die Bereitstellung der Funktionen und/oder Eigenschaften drahtlos. Diese Bereitstellung der Funktionen und/oder Eigenschaften des Messmoduls kann beispielsweise über die Kommunikationseinrichtung erfolgen.

Um eine funktionsfähige Einbindung des Messmoduls in die Prüfeinrichtung zu gewährleisten, ist es vorteilhaft, wenn auf Seiten der Prüfeinrichtung die in der Norm ISO/IEC/IEEE 21451 beschriebene Funktionalität NCAP (network capable application processor) implementiert wird. Damit werden die vom Messmodul an die Prüfeinrichtung (d.h. vom Prüfsensor mittels der Kommunikationseinheit an die Auswerteeinheit der Prüfeinrichtung) übertragenen Messwerte zu den passenden Datensenzen der Auswerteeinheit der Prüfeinrichtung zugeordnet.

Vorteilhafterweise umfasst das Messmodul eine Ortungseinheit, welche ausgestaltet ist die Position des Messmoduls am Prüfling bekanntzugeben. Hierzu kann ein Positionssignal, vorzugsweise mittels der Kommunikationseinrichtung, an die Auswerteeinheit übermittelt werden. Ist diese Positionierung einer vordefinierten (z.B. in einer Liste abgespeicherten) Messstelle zuordenbar, so kann daraus die Art des Prüfsensors und/oder des Messwerts und ggf. weitere Informationen, wie z.B. vorteilhaft zu wählende Messbereiche (z.B. 0... 1000°C), Abtastraten (z.B. 1Hz) , Filtereinstellungen, und zugeordnete Bezeichnung (z.B. „T_CYL_2“ für Temperatur am Auslass des Zylinder 2) , ermittelt werden. Damit kann automatisiert eine Zuordnung zwischen Prüfsensor und Messwert erfolgen oder eine entsprechende vorhandene Zuordnung (z.B. anhand manueller Eingabe) überprüft werden.

Ist die Position des Messmoduls am Prüfling bekannt, so ist anhand der bekannten Position des Messmoduls auch eine Lokalisierung des Prüflings („wo an der Prüfeinrichtung?“

und/oder auch global, d.h. „an welcher Prüfeinrichtung?“) möglich. Dies ist vorteilhaft bei der automatischen Dokumentation der Testsequenz eines Prüflings, beispielsweise, indem bestimmt wird, zu welcher Zeit sich der Prüfling an welcher Prüfeinrichtung befindet etc.

Vorzugsweise umfasst die Ortungseinheit eine visuelle Signalausgabeeinheit, welche ein
 5 visuelles Signal ausgibt (z.B. eine Leuchtdiode oder eine andere Lichtquelle) zur Bestimmung der Positionierung des Messmoduls. Hierzu kann am Prüfstand ein optischer Sensor (z.B. eine Kamera) vorgesehen sein, welcher das Messmodul der von der visuellen Signalausgabeeinheit emittieren visuellen Signalen, im Raum lokalisiert.

Die Ortungseinheit kann auch ausgestaltet sein, die Position des Messmoduls anhand eines
 10 Funksignals zu bestimmen. So kann ein Funksignal von einem ortsfesten (z.B. an der Prüfeinrichtung vorgesehenen) Funksender gesendet und von der Ortungseinheit empfangen werden, womit die Ortungseinheit die Position des Messmoduls bestimmen kann. Alternativ kann auch ein Funksignal von der Ortungseinheit an einen ortsfesten Funkempfänger gesendet werden, womit der Funksender die Position des Messmoduls
 15 bestimmen kann. In beiden Fällen kann beispielsweise eine Laufzeit und/oder eine Signalstärke und/oder ein Einfallswinkel etc. des Funksignals zur Ermittlung der Position herangezogen werden. Als Funksignale können beispielsweise RFID Tags, UWB Tags etc. verwendet werden.

Vorzugsweise werden Messwerte durch kryptographische Methoden verschlüsselt und in
 20 verschlüsselter Form durch die Kommunikationseinheit an die Auswerteeinheit übermittelt. Messwerte können damit nur von bestimmten ("trusted") Auswerteeinheiten entschlüsselt und verwendet werden. So verbleibt die Datenhoheit über die Messwerte zunächst beim Prüfling. Ein Zugriff auf die Messwerte ist nur durch berechtigte Prüfeinrichtungen möglich.

Es kann am Prüfling auch eine Mehrzahl an Messmodulen vorgesehen sein, deren
 25 Messwerte miteinander verknüpft werden um die Integrität der Messwerte zu erhöhen. Da die Messmodule über längere Zeit, optional die gesamte Lebenszeit des Prüflings, am Prüfling verbleiben, können die Messmodule die Messwerte benachbarter Knoten zum aktuellen oder einem vorhergehenden Zeitschritt mit dem eigenen aktuellen Messwert zum aktuellen oder einem vorhergehenden Zeitschritt verknüpfen und, vorzugsweise über einen
 30 mitübertragenen kryptographischen Hash, sichern. Damit ergibt sich eine zusammenhängende Kette ähnlich einer Blockchain, was als starker Integritätsnachweis dienen kann. Dies kann wie folgt erfolgen: Jeder Prüfsensor liefert anhand seiner Messwerte „seine Sicht“ auf die Vorgänge im Prüfling. Sitzen die Sensoren am gleichen Prüfling so gibt es in vielen Fällen eine Korrelation dieser „Sichten“. Dies kann als Indiz dafür verwendet
 35 werden, dass sich die Sensoren in der Tat am gleichen Prüfling befinden. Diese Korrelation kann in der Auswerteeinheit oder auch bereits lokal in den jeweiligen Messmodulen erfolgen,

wenn diese auch die Messwerte benachbarter Messmodule empfangen. Die Korrelation der Messwerte kann am Messmodul oder in der Auswerteeinheit zur Bestimmung der Authentizität der Messungen verwendet werden.

Bisher wurden lediglich Prüfanordnungen beschrieben, bei denen die Auswerteeinheit der Prüfeinrichtung zugeordnet ist. Grundlegend kann in einer Prüfanordnung jedoch auch eine von der Prüfeinrichtung unabhängige Auswerteeinheit vorgesehen sei, wobei der Prüfling ein Messmodul umfasst, welches einen Prüfsensor aufweist, welcher zur Erfassung der Messwerte des Prüflings ausgestaltet ist, wobei im Messmodul weiters eine Kommunikationseinrichtung vorgesehen ist, welche zur Übertragung der Messwerte an die von der Prüfeinrichtung unabhängige Auswerteeinheit ausgestaltet ist.

Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1, 2 und 3 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

Fig.1a-f Prüfanordnungen mit einem Prüfling an einer Prüfeinrichtung nach dem Stand der Technik,

Fig.2a-f erfindungsgemäße Prüfanordnungen mit einem Prüfling an einer Prüfeinrichtung, wobei am Prüfling ein Messmodul mit Prüfsensoren und einer Kommunikationseinrichtung vorgesehen ist

Fig.3 einen Prüfling, wobei das Messmodul vorteilhafterweise einen Analog-Digital-Wandler, eine Energieversorgungseinheit, eine Ortungseinheit und eine Identifikationseinheit umfasst, wobei die Kommunikationseinrichtung zur Übertragung digitaler Messwerte M ausgestaltet ist.

Ein Prüfling wird in einer Testphase an einer Prüfeinrichtung 3 angeordnet, wobei die Prüfeinrichtung 3 samt Prüfling 2 als Prüfanordnung angesehen wird. Eine Testsequenz umfasst zumindest eine, vorzugsweise jedoch eine Mehrzahl an, Testphasen. In Fig. 1a-f werden Prüfanordnungen einer Testsequenz in Form von sechs Testphasen Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf nach dem Stand der Technik dargestellt. Dem gegenüber werden in den Fig. 2a-f die erfindungsgemäßen Prüfanordnungen dieser Testsequenz in Form von sechs Testphasen Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf dargestellt. In den Prüfanordnungen nach dem Stand der Technik sind jeweils Prüfsensoren 10 an der Prüfeinrichtung 3 vorgesehen, um Messwerte M des Prüflings 2 zu erfassen. Diese Prüfsensoren 10 werden am Prüfling 2 angeordnet, um eine Testphase durchzuführen. Die Messwerte M werden anhand der Prüfsensoren 10 ermittelt

und an eine mit dem Prüfsensor 10 verbundene Auswerteeinheit 30 übertragen. Die Prüfsensoren 10 sind ebenso wie die Auswerteeinheit 30 Teil der Prüfeinrichtung 3.

Die Auswerteeinheit 30 übernimmt nach dem Stand der Technik die Verarbeitung der Messdaten M und ggf. auch Funktionen der Signalverarbeitung, Analog-Digital-Wandlung, Datenaufbereitung, Datenanzeige, Datenspeicherung etc. und muss nach einem Anbringen der Prüfsensoren 10 am Prüfling 2 entsprechend konfiguriert/parametriert werden.

Es kann auch eine Automatisierungseinheit vorgesehen sein, welche die Prüfeinrichtung entsprechend vorgegebener Testanforderungen ansteuert (nicht in den Figuren dargestellt).

Ist nun vorgesehen den Prüfling 2 mit einer anderen Prüfeinrichtung 3 zu verbinden, so werden die Prüfsensoren 10 der Prüfeinrichtung 3 vom Prüfling 2 getrennt und der Prüfling 2 mit Prüfsensoren 10 einer weiteren Prüfeinrichtung 3 verbunden. Beim Wechseln der Prüfeinrichtung 3 besteht somit die Gefahr von Verkabelungsfehlern, Konfigurationsfehlern, des Prüfsensors 10 etc.

Es wird beispielhaft eine Einspritzpumpe eines Dieselmotors als Prüfling 2 betrachtet.

Weiters sei angenommen, dass in der Testsequenz sechs Testphasen Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf für den Prüfling 2 vorgesehen sind, wobei der Prüfling 2 in jeder Testphase Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf an einer unterschiedlichen Prüfeinrichtung 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f angeordnet wird. In jeder Testphase Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf ist der Prüfling 2 mit einer anderen Prüfeinrichtung 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f verbunden, um jeweils eine Testphase durchzuführen. Fig. 1a-f stellen die Prüfanordnungen im Verlauf dieser sechs Testphasen Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf nach dem Stand der Technik dar, wogegen Fig. 2a-f die erfindungsgemäßen Prüfanordnungen im Verlauf dieser sechs Testphasen Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf darstellen.

In den Prüfanordnungen nach dem Stand der Technik sind jeweils Prüfsensoren 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f an der Prüfeinrichtung 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f vorgesehen, um Messwerte M des Prüflings 2 zu erfassen. Hierzu werden in den jeweiligen Testphasen Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf die Prüfsensoren 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f der zugehörigen Prüfeinrichtung 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f am Prüfling 2 angeordnet. Die Messwerte M werden anhand der Prüfsensoren 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f ermittelt und an eine Auswerteeinheit 30a, 30b, 30c, 30d, 30e, 30f der zugehörigen Prüfeinrichtung 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f übertragen.

In der ersten Testphase Ta wird der Prüfling 2 somit auf einer ersten Prüfeinrichtung 3a, z.B. einem Komponentenprüfstand vom Hersteller A, entwickelt und getestet. Dazu wird der Prüfling 2 mit Prüfsensoren 10a (z.B. Druckaufnehmer, Temperatursensoren) der Prüfeinrichtung 3a verbunden.

Es sind im Stand der Technik auch Prüfsensoren 10 bekannt, welche nicht integraler Bestandteil der Prüfeinrichtung 3 sind, sondern externe Bauteile. Diese Prüfsensoren 10

müssen nicht nur am Prüfling 2 angeordnet werden, sondern zudem auch mit der Auswerteeinheit 30 der Prüfeinrichtung 3 verbunden werden. Es können auch Prüfanordnungen vorgesehen sein, in denen sowohl in eine Prüfeinrichtung 3 integrierte Prüfsensoren 10 vorgesehen sind (z.B. Temperatursensoren zum Erfassen der Ansauglufttemperatur eines Motors) als auch externe Prüfsensoren 10 (z.B. Temperatursensoren zum Erfassen einer Öltemperatur des Motors). In Fig. 1a ist beispielhafterweise der oberste Prüfsensor 10a extern vorgesehen, wobei die weiteren beiden Prüfsensoren 10a in der ersten Prüfeinrichtung 3a intern, d.h. als integraler Bestandteil der Prüfeinrichtung 3a, vorgesehen.

In der zweiten Testphase Tb wird die Einspritzpumpe als Prüfling 2 an einem Dieselmotor 20 montiert. Der Dieselmotor 20 samt Prüfling 2 wird auf einer zweiten Prüfeinrichtung 3b, z.B. einem Motoren-Prüfstand des Herstellers B, getestet. Beim Wechsel von der ersten Prüfeinrichtung 3a (Fig. 1a) auf die zweite Prüfeinrichtung 3b (Fig. 1b) kann am Prüfling 2 bestenfalls ein Teil der (externen) Prüfsensoren 10a (z.B. ein Pt100 Temperatursensor) verbleiben, wie in Fig. 1b anhand des externen (d.h. des obersten) Prüfsensors 10a angedeutet. Dieser Prüfsensor 10a wird dann neu über mit einer Auswerteeinheit 30b der zweiten Prüfeinrichtung 3b verbunden, was auch eine erneute Konfiguration (und ggf. auch Kalibrierung) erfordert.

In der dritten Testphase Tc (Fig. 1c) wird der Dieselmotor 20 mit einem Getriebe 21 zu einem Antriebsstrang 22 zusammengefügt, wobei diese dritte Testphase an einer anderen Prüfeinrichtung 3c, z.B. ein Antriebsstrang-Prüfstand vom Hersteller C, möglicherweise gar in einem anderen Testlabor, durchgeführt werden kann. Damit sind eine gänzliche Neuverkabelung des Prüflings 2 mit Prüfsensoren 10c der dritten Prüfeinrichtung 3 sowie eine neue Konfiguration der mit den Prüfsensoren 10c verbundenen Auswerteeinheit 30c erforderlich.

Anschließend wird der Antriebsstrang 22 in einem Fahrzeug 23 eingebaut, und an einer vierten Prüfeinrichtung 3d, z.B. einem Rollen-Prüfstand vom Hersteller D, eine vierte Testphase Td eingeleitet (Fig. 1d). Es erfolgt eine erneute Neuverkabelung des Prüflings 2 mit Prüfsensoren 10d der vierten Prüfeinrichtung 3d und eine entsprechende Parametrierung der Auswerteeinheit 30d der vierten Prüfeinrichtung 3d. Es kann in der vierten Testphase Td auch eine Sub-Phase zur Fahrzeug Konditionierung vorgesehen sein, in welcher Fahrzeuge vor der eigentlichen vierten Testphase auf bestimmte Temperaturen (z.B. -25 Grad °C) gekühlt werden ("Soak"). Dies kann in einem speziell ausgestatteten Sub-Bereich der vierten Prüfeinrichtung 3d, der sog. „Soak Area“, durchgeführt werden. Auch während der Sub-Phase ist eine kontinuierliche Erfassung der Messwerte M (z.B. Motoröltemperatur, Kühlwassertemperatur) erforderlich. Diese Messwerte M werden einem spezialisierten System (Soak Area Control) für Regelung & Überwachung dieser Sub-Phase zur Verfügung

gestellt. Für die Sub-Phase können dieselben Sensoren 3d wie für die vierte Testphase Td verwendet werden, wobei jedoch eine von der vierten Auswerteeinheit 30d verschiedene Sub-Auswerteeinheit vorgesehen ist.

In der fünften Testphase Te werden beispielsweise Testfahrten des Fahrzeugs 23 auf einer Teststrecke oder auf öffentlichen Straßen durchgeführt, beispielsweise um Abgastests unter realen Fahrbedingungen (RDE -Real Driving Emission) durchzuführen. Dabei wird z.B. eine mobile Prüfeinrichtung 3e vom Hersteller E eingesetzt, welche im Fahrzeug 23 mitgeführt wird, was in Fig. 1e durch die Befestigungselemente 24 beispielhaft angedeutet wird. Somit ist eine erneute Verkabelung des Prüfling 2 mit Prüfsensoren 10e und eine Parametrierung einer Auswerteeinheit 30e der fünften Prüfeinrichtung 3e erforderlich.

Abschließend ist eine sechste Testphase Tf zur Erforschung von Zuverlässigkeit, Verschleiß und Alterung im "normalen" Fahrbetrieb, ggf. als Teil eines Flottenversuchs, vorgesehen. Da dies über lange Zeit (Monat oder Jahre) und mit einer größeren Anzahl an Prüflingen 2 erfolgen kann, wird eine andere, sechste, Prüfeinrichtung 3f (tiefer im Fahrzeug 23, z.B. über die Kanäle von Steuergeräten integriert) vom Hersteller F verwendet. Dies ist in Fig. 1f dadurch angedeutet, dass die sechste Prüfeinrichtung 3f als Teil des Fahrzeugs 23 dargestellt ist.

Zusammengefasst müssen nach dem Stand der Technik für jede Prüfeinrichtung 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f und damit auch für jede Testphase die Prüfsensoren 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f der jeweiligen Prüfeinrichtung 3 am Prüfling 2 angeordnet werden und die Auswerteeinheit 30a, 30b, 30c, 30d, 30e, 30f der jeweiligen Prüfeinrichtung 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f konfiguriert werden.

Die Figuren 2a bis 2f zeigen hingegen erfindungsgemäße Prüfanordnungen gegenüber den Figuren 1a bis 1f. Der Prüfling 2 wird pro Testphase gleichermaßen mit der, der Testphase zugehörigen, Prüfeinrichtung 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f verbunden, um eine Testsequenz durchzuführen. Dabei werden während der einzelnen Testphasen der Testsequenz gleichermaßen anhand von Prüfsensoren 10 Messwerte M ermittelt. Im Gegensatz zu den Fig. 1a bis 1f ist in den Fig. 2a bis 2f am Prüfling 2 ein Messmodul 1 vorgesehen. Das Messmodul 1 umfasst einen Prüfsensor 10, welcher somit ebenso am Prüfling 2 angeordnet ist. Zudem umfasst das Messmodul 1 eine Kommunikationseinrichtung 11, welches die erfassten Messwerte M an die Auswerteeinheit 30 überträgt. Der Aufbau der Prüfanordnungen in Fig. 2a bis 2f erfolgt somit jeweils, indem die Kommunikationseinrichtung 11 mit der Auswerteeinheit 30 verbunden wird. Die Prüfsensoren 10 sind bereits am Prüfling 2 vorgesehen. Damit ist es (nach einer initialen Installation) nicht erforderlich, die Prüfsensoren 10 zur Durchführung der jeweiligen Testphasen Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf am Prüfling 2 anzuordnen, womit der entstehende Aufwand geringer ist und

zudem eine mögliche Fehlerquelle der Fehlverkabelung eliminiert wird. Die in Fig. 2a-f dargestellten Kommunikationseinrichtungen 11 sind vorteilhafterweise weiters zur drahtlosen Übertragung der Messwerte M ausgestaltet, was eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung darstellt.

- 5 Ist vorgesehen den Prüfling 2 mit einer anderen Prüfeinrichtung 3b, 3c, 3d, 3e, 3f zu verbinden (z.B. beim Wechsel der Testphase Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf), so verbleiben das Messmodul 1 und damit auch die Prüfsensoren 10 (und die Kommunikationseinrichtung 11) am Prüfling 2. Es wird lediglich die (kabelgebundene oder kabellose) Kommunikationsverbindung von der Kommunikationseinrichtung 11 zur ersten Prüfeinrichtung 3a gekappt und daraufhin eine Kommunikationsverbindung von der Kommunikationseinrichtung 11 zur anderen Prüfeinrichtung 3b, 3c, 3d, 3e, 3f hergestellt.

Zusammengefasst umfasst der Prüfling 2 erfindungsgemäß das Messmodul 1, welches auch fest und unlösbar am Prüfling 2 integriert sein kann.

- 15 In einer anderen Ausgestaltung kann das Messmodul 1 auch lösbar mit dem Prüfling 2 verbunden sein, womit das Messmodul 1 nur während der Prüfläufe am Prüfling 2 vorgesehen sein kann und nach den Prüfläufen wieder entfernt werden kann.

- Das Messmodul 1 umfasst eine Anzahl Prüfsensoren 10 zur Erfassung der Messwerte M. Somit sind das Messmodul 1 und damit auch die Anzahl Prüfsensoren 10 dem Prüfling 2 (und nicht der Prüfeinrichtung 3) zugeordnet und werden dort während aller Testphasen Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf oder (insbesondere, wenn sie integraler Bestandteil des Prüflings 2 sind) auch darüber hinaus belassen. Zur, vorzugsweise drahtlosen, Übertragung der Messwerte M an die Auswerteeinheit 30 ist im Messmodul 1 eine Kommunikationseinrichtung 11 vorgesehen.

- Fig. 3 offenbart eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung eines Messmoduls 1, welches Funktionen der Auswerteeinheit 30 übernimmt. Dies kann anhand von Subeinheiten erfolgen. Beispielsweise ist ein Analog-Digital-Wandler 12 zur Wandlung analoger Messwerte M in digitale Messwerte M als Subeinheit vorgesehen, wobei die Kommunikationseinrichtung 11 zur Übertragung der digitalisierten Messwerte M an die Auswerteeinheit 30 ausgestaltet ist. Zudem weist das Messmodul 1 vorteilhafterweise eine, vorzugsweise nichtflüchtige, Speichereinheit 14 zur Speicherung von Messwerten M als Subeinheit auf. Das Messmodul 1 umfasst weiters eine Signalverarbeitungseinheit 17 zur Verarbeitung der Messwerte M als Subeinheit. Weiters kann das Messmodul 1 eine Identifikationseinheit 15 als Subeinheit umfassen, welche ausgestaltet ist Funktionen und/oder Eigenschaften des Messmoduls bereitzustellen und/oder eine Ortungseinheit 16 als Subeinheit umfassen, welche ausgestaltet ist die Position des Messmoduls 1 am Prüfling 2 bekanntzugeben

Zudem kann das Messmodul 1 eine Energieversorgungseinheit 13, vorzugsweise eine Energy-Harvesting-Einheit und/oder einen Langzeitenergiespeicher, zur Versorgung des Messmoduls 1 mit Energie E als Subeinheit umfassen. In Fig. 3 ist die Energieversorgungseinheit 13 mit den weiteren Subeinheiten, d.h. dem Analog-Digital-
5 Wandler 12, der Speichereinheit 14, der Identifikationseinheit 15, der Ortungseinheit 16 sowie der Signalverarbeitungseinheit 17 verbunden um besagte Subeinheiten mit Energie E zu versorgen.

Patentansprüche

1. Prüfanordnung mit einem Prüfling (2) an einer Prüfeinrichtung (3) zur Durchführung einer Testphase einer Testsequenz anhand von Messwerten (M) des Prüflings (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prüfling (2) ein Messmodul (1) umfasst, wobei im Messmodul (1) ein Prüfsensor (10) vorgesehen ist, welcher zur Erfassung der Messwerte (M) des Prüflings (2) ausgestaltet ist, **und dass** im Messmodul (1) eine Kommunikationseinrichtung (11) vorgesehen ist, welche zur Übertragung der Messwerte (M) an eine Auswerteeinheit (30) der Prüfeinrichtung (3) ausgestaltet ist, wobei die Auswerteeinheit (30) ausgestaltet ist, die Messwerte (M) zur Durchführung der Testphase der Testsequenz zu verarbeiten.
2. Prüfanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1), integraler Bestandteil des Prüflings (2) ist.
3. Prüfanordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) an einem Gehäuse des Prüflings (2) integriert ist.
4. Prüfanordnung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) unlösbar, vorzugsweise im Rahmen eines Herstellungsprozesses des Prüflings (3), am Prüfling (2) integriert ist.
5. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kommunikationseinrichtung (11) zur drahtlosen Übermittlung der Messwerte (M) an die Auswerteeinheit (30) ausgestaltet ist.
6. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) einen Analog-Digital-Wandler (12) zur Wandlung analoger Messwerte (M) in digitale Messwerte (M) umfasst, **und dass** die Kommunikationseinrichtung (11) zur Übertragung der digitalen Messwerte (M) an die Auswerteeinheit (30) ausgestaltet ist.
7. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine, vorzugsweise nichtflüchtige, Speichereinheit (14) zur Speicherung von Messwerten (M) umfasst.
8. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine Signalverarbeitungseinheit (17), vorzugsweise wiederum umfassend eine Recheneinheit, zur Verarbeitung von Messwerten (M) umfasst.
9. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine Energieversorgungseinheit (13), vorzugsweise eine Energy-Harvesting-Einheit und/oder einen Langzeitenergiespeicher, zur Energieversorgung des Messmoduls (1) umfasst.

10. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prüfsensor (10) ausgestaltet ist, zumindest eine der folgenden Messwerte (M) des Prüflings (2) zu erfassen: Druck, Temperatur, Drehzahl, Drehmoment, Strom, Spannung, Gaskonzentration.
- 5 11. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine Identifikationseinheit (15) umfasst, welche ausgestaltet ist Funktionen und/oder Eigenschaften des Messmoduls (1) bereitzustellen, wobei die Identifikationseinheit (15) vorzugsweise entsprechend der Transducer Electronic Data Sheet Funktionalitäten nach der Norm ISO/IEC/IEEE 21450:2010 konfiguriert ist.
- 10 12. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine Ortungseinheit (16) umfasst, welche ausgestaltet ist die Position des Messmoduls (1) am Prüfling (2) bekanntzugeben und vorzugsweise mittels der Kommunikationseinrichtung, an die Auswerteeinheit zu übermitteln.
13. Prüfanordnung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ortungseinheit
15 (16) eine visuelle Signaleinheit zur Bekanntgabe der Position des Messmoduls (1) umfasst.
14. Prüfanordnung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ortungseinheit (16) eine Funkeinheit zur Bekanntgabe der Position des Messmoduls (1) umfasst.
15. Verfahren zur Durchführung einer Testsequenz, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine
20 erste Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz mit einer ersten Prüfanordnung vorgesehen ist, in welcher ein Prüfling (2), umfassend ein Messmodul (1), an einer ersten Prüfeinrichtung (3) angeordnet wird, **und dass** in der ersten Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz ein Prüfsensor (10) des Messmoduls (1) des Prüflings (2) Messwerte (M) des Prüflings (2) erfasst und über eine Kommunikationseinrichtung (11) des Messmoduls
25 (1) an eine Auswerteeinheit (30) der Prüfeinrichtung (3) überträgt, wobei die Auswerteeinheit (30) die Messwerte zur Durchführung der ersten Testphase der Testsequenz verarbeitet.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz beendet wird, wobei der Prüfling (2) von der ersten Prüfeinrichtung (3) entfernt wird, **dass** eine zweite Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der
30 Testsequenz mit einer zweiten Prüfanordnung vorgesehen ist, in welcher der Prüfling (2) an einer zweiten Prüfeinrichtung (3) angeordnet wird, **und dass** in der zweiten Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz der Prüfsensor (10) des Messmoduls (1) des Prüflings (2) Messwerte (M) des Prüflings (2) erfasst und über die Kommunikationseinrichtung (11) des Messmoduls (1) an eine Auswerteeinheit (30) der zweiten Prüfeinrichtung (3) überträgt,
35 wobei die Auswerteeinheit (30) der zweiten Prüfeinrichtung (3) die Messwerte zur Durchführung der zweiten Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) verarbeitet.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messwerte (M) vor der Übertragung an die Kommunikationseinrichtung (11) anhand kryptographischer Methoden verschlüsselt werden.

5 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messwerte (M) in eine, vorzugsweise nichtflüchtige, Speichereinheit (14) des Messmoduls (1) gesichert werden, vorzugsweise zuvor anhand kryptographischer Methoden verschlüsselt werden.

1/5

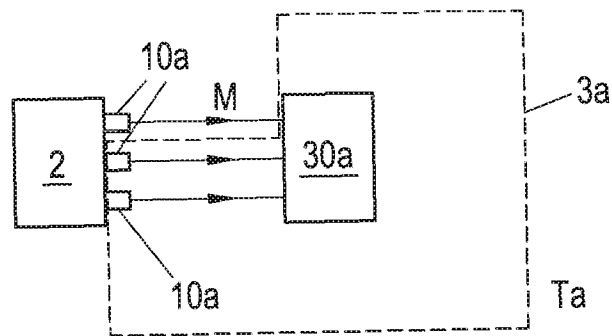


Fig. 1a

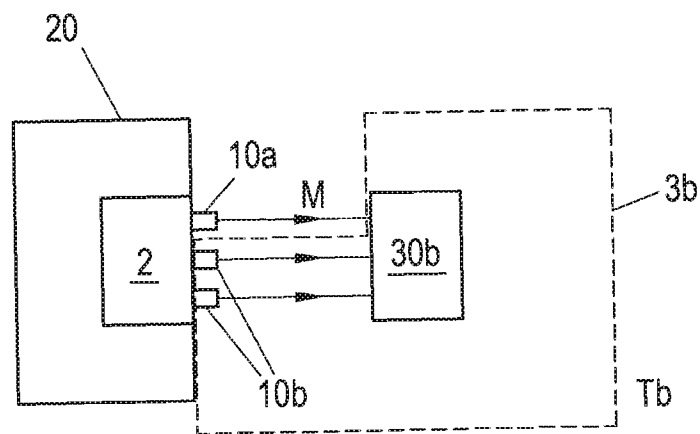


Fig. 1b

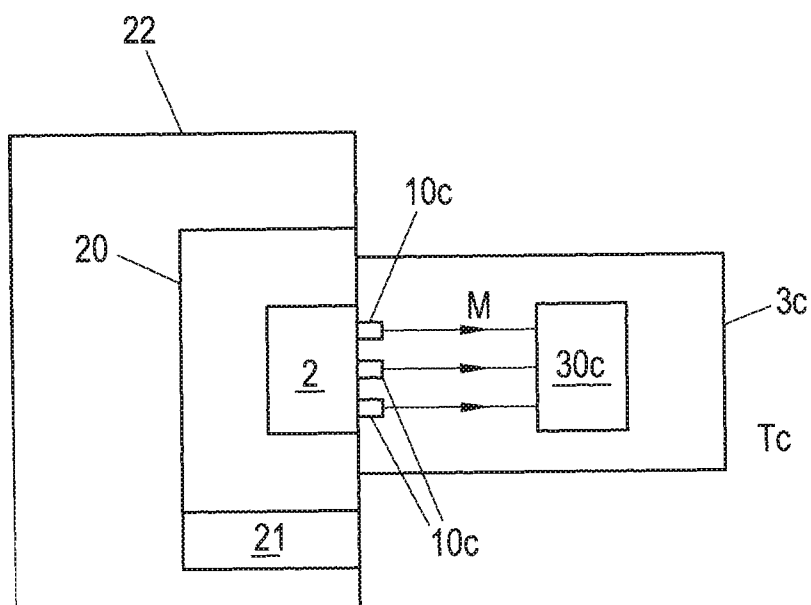


Fig. 1c

2/5

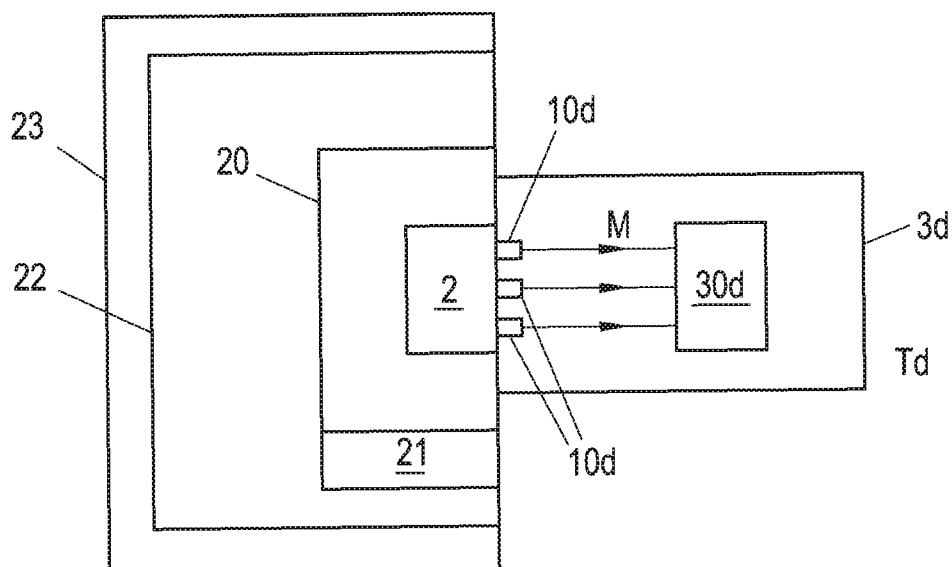


Fig. 1d

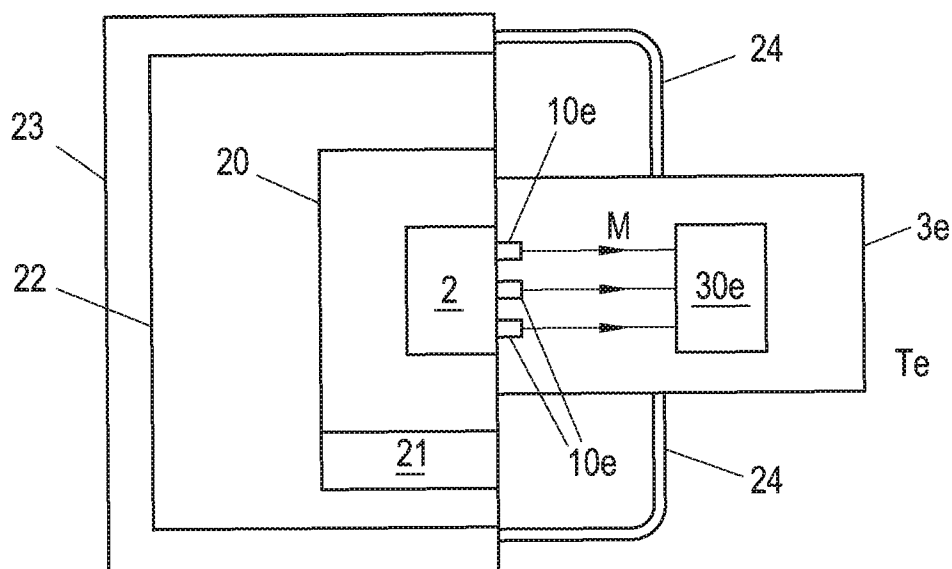


Fig. 1e

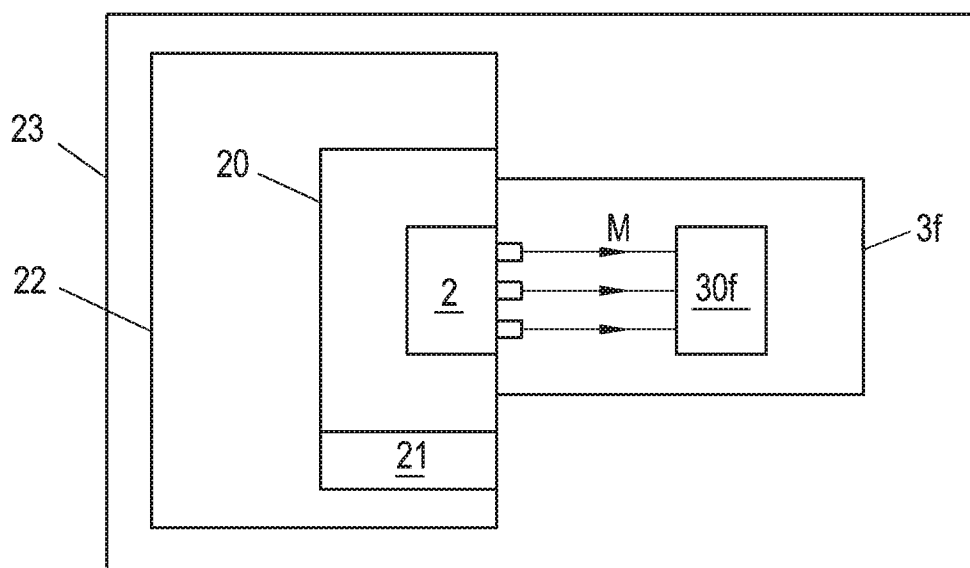


Fig. 1f

Tf

3/5

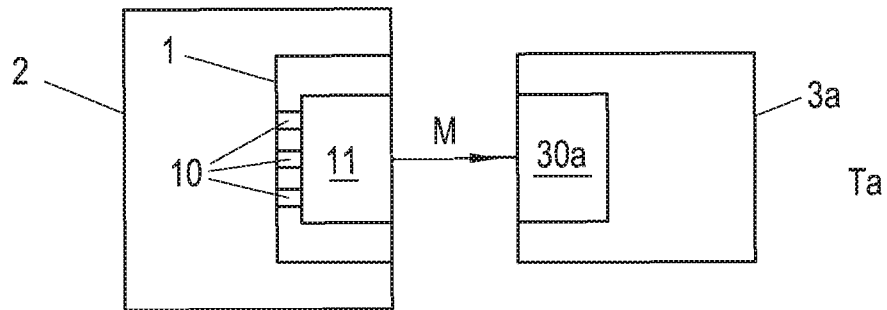


Fig. 2a

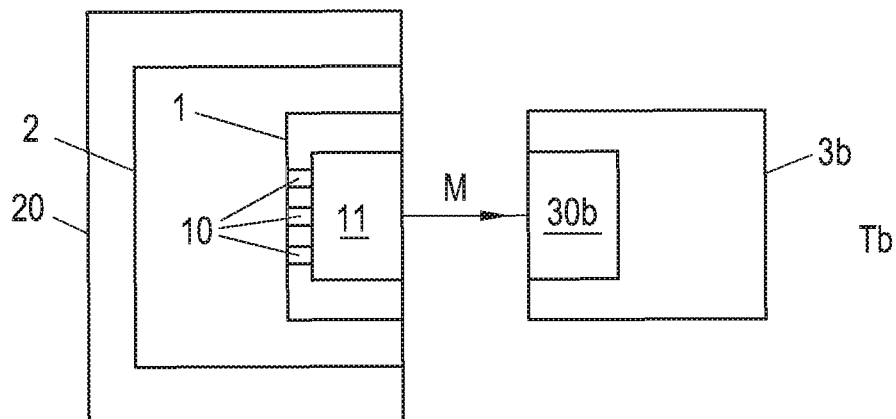


Fig. 2b

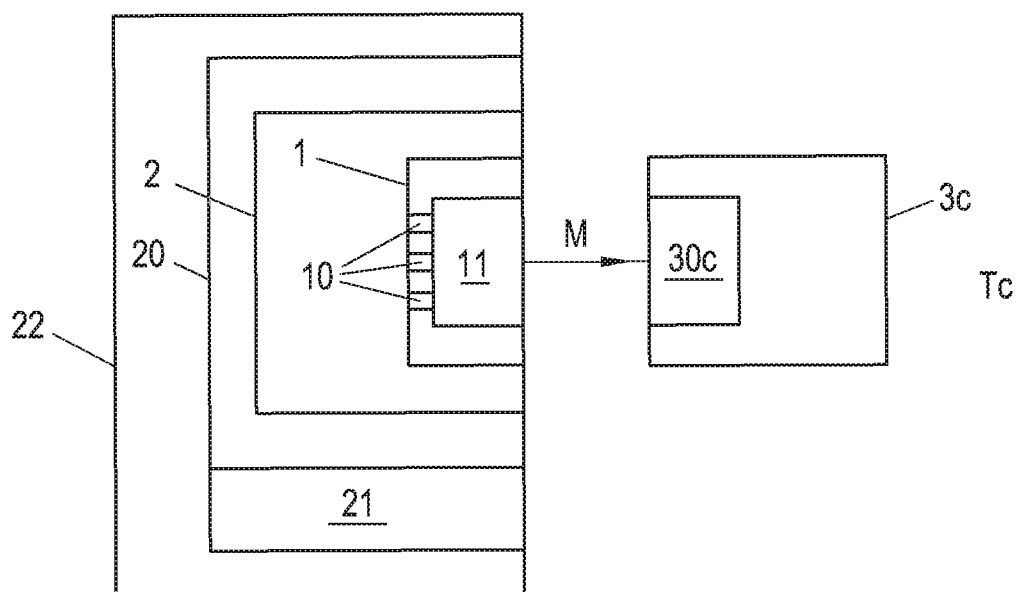
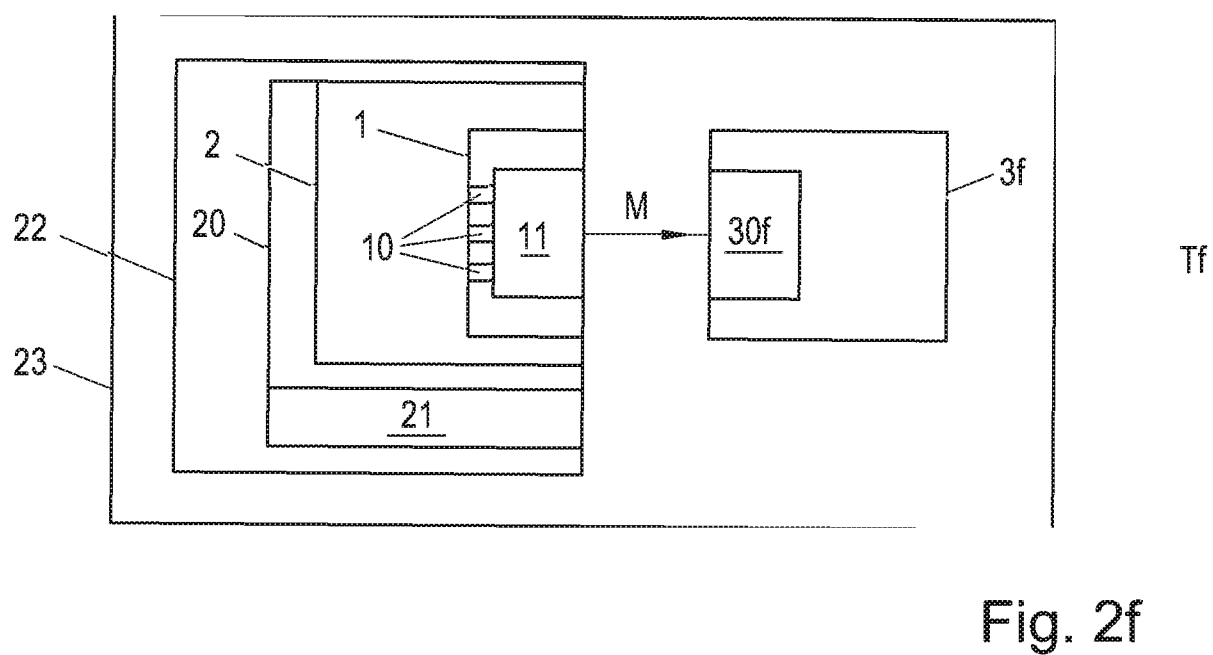
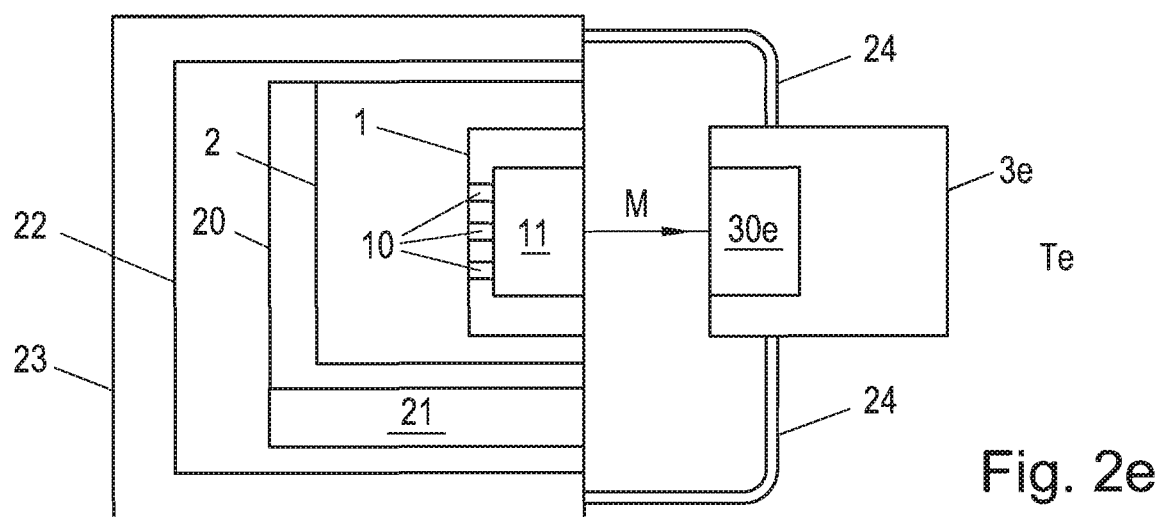
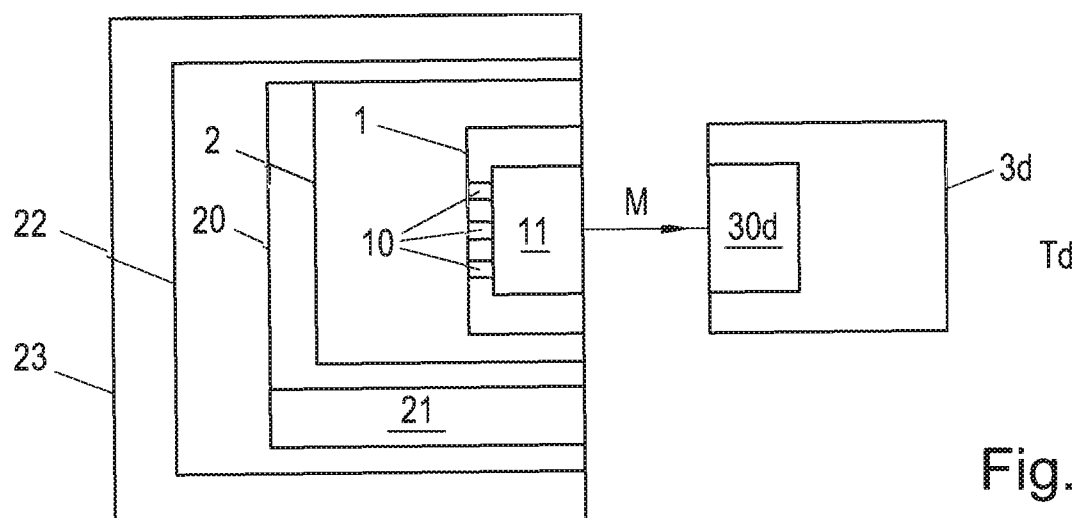


Fig. 2c

4/5



5/5

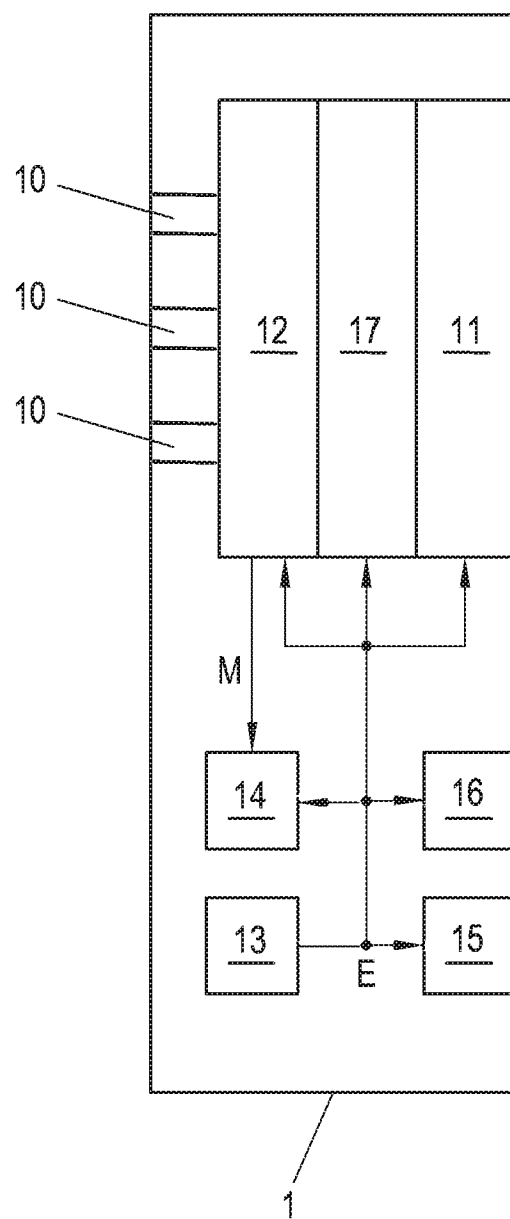


Fig. 3

Patentansprüche

1. Prüfanordnung mit einem Prüfling (2) an einer Prüfeinrichtung (3) zur Durchführung einer Testphase einer Testsequenz anhand von Messwerten (M) des Prüflings (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prüfling (2) ein Messmodul (1) umfasst, wobei im Messmodul (1) ein Prüfsensor (10) vorgesehen ist, welcher zur Erfassung der Messwerte (M) des Prüflings (2) ausgestaltet ist, **dass** im Messmodul (1) eine Kommunikationseinrichtung (11) vorgesehen ist, welche zur Übertragung der Messwerte (M) an eine Auswerteeinheit (30) der Prüfeinrichtung (3) ausgestaltet ist, wobei die Auswerteeinheit (30) ausgestaltet ist, die Messwerte (M) zur Durchführung der Testphase der Testsequenz zu verarbeiten, **und dass** das Messmodul (1) integraler Bestandteil des Prüflings (2) ist.
2. Prüfanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) an einem Gehäuse des Prüflings (2) integriert ist.
3. Prüfanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) unlösbar, vorzugsweise im Rahmen eines Herstellungsprozesses des Prüflings (3), am Prüfling (2) integriert ist.
4. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kommunikationseinrichtung (11) zur drahtlosen Übermittlung der Messwerte (M) an die Auswerteeinheit (30) ausgestaltet ist.
5. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) einen Analog-Digital-Wandler (12) zur Wandlung analoger Messwerte (M) in digitale Messwerte (M) umfasst, **und dass** die Kommunikationseinrichtung (11) zur Übertragung der digitalen Messwerte (M) an die Auswerteeinheit (30) ausgestaltet ist.
6. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine, vorzugsweise nichtflüchtige, Speichereinheit (14) zur Speicherung von Messwerten (M) umfasst.
7. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine Signalverarbeitungseinheit (17), vorzugsweise wiederum umfassend eine Recheneinheit, zur Verarbeitung von Messwerten (M) umfasst.
8. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine Energieversorgungseinheit (13), vorzugsweise eine Energy-Harvesting-Einheit und/oder einen Langzeitenergiespeicher, zur Energieversorgung des Messmoduls (1) umfasst.

9. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prüfsensor (10) ausgestaltet ist, zumindest eine der folgenden Messwerte (M) des Prüflings (2) zu erfassen: Druck, Temperatur, Drehzahl, Drehmoment, Strom, Spannung, Gaskonzentration.
- 5 10. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine Identifikationseinheit (15) umfasst, welche ausgestaltet ist Funktionen und/oder Eigenschaften des Messmoduls (1) bereitzustellen, wobei die Identifikationseinheit (15) vorzugsweise entsprechend der Transducer Electronic Data Sheet Funktionalitäten nach der Norm ISO/IEC/IEEE 21450:2010 konfiguriert ist.
- 10 11. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messmodul (1) eine Ortungseinheit (16) umfasst, welche ausgestaltet ist die Position des Messmoduls (1) am Prüfling (2) bekanntzugeben und vorzugsweise mittels der Kommunikationseinrichtung, an die Auswerteeinheit zu übermitteln.
12. Prüfanordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ortungseinheit
15 (16) eine visuelle Signaleinheit zur Bekanntgabe der Position des Messmoduls (1) umfasst.
13. Prüfanordnung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ortungseinheit (16) eine Funkeinheit zur Bekanntgabe der Position des Messmoduls (1) umfasst.
14. Verfahren zur Durchführung einer Testsequenz, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine
20 erste Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz mit einer ersten Prüfanordnung vorgesehen ist, in welcher ein Prüfling (2), umfassend ein Messmodul (1), an einer ersten Prüfeinrichtung (3) angeordnet wird, **dass** in der ersten Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz ein Prüfsensor (10) des Messmoduls (1) des Prüflings (2) Messwerte (M) des Prüflings (2) erfasst und über eine Kommunikationseinrichtung (11) des Messmoduls (1)
25 an eine Auswerteeinheit (30) der Prüfeinrichtung (3) überträgt, wobei die Auswerteeinheit (30) die Messwerte zur Durchführung der ersten Testphase der Testsequenz verarbeitet, **dass** die erste Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz beendet wird, wobei der Prüfling (2) von der ersten Prüfeinrichtung (3) entfernt wird, **dass** eine zweite Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz mit einer zweiten Prüfanordnung vorgesehen ist, in
30 welcher der Prüfling (2) an einer zweiten Prüfeinrichtung (3) angeordnet wird, **und dass** in der zweiten Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) der Testsequenz der Prüfsensor (10) des Messmoduls (1) des Prüflings (2) Messwerte (M) des Prüflings (2) erfasst und über die Kommunikationseinrichtung (11) des Messmoduls (1) an eine Auswerteeinheit (30) der zweiten Prüfeinrichtung (3) überträgt, wobei die Auswerteeinheit (30) der zweiten
35 Prüfeinrichtung (3) die Messwerte zur Durchführung der zweiten Testphase (Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf) verarbeitet.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messwerte (M) vor der Übertragung an die Kommunikationseinrichtung (11) anhand kryptographischer Methoden verschlüsselt werden.

- 5 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messwerte (M) in eine, vorzugsweise nichtflüchtige, Speichereinheit (14) des Messmoduls (1) gesichert werden, vorzugsweise zuvor anhand kryptographischer Methoden verschlüsselt werden.