

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50563/2021
(22) Anmeldetag: 07.07.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2022

(51) Int. Cl.: **G01L 5/16** (2006.01)
B60T 8/17 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 3489648 A1
EP 1426259 A1
WO 2017121917 A1
EP 1747439 A1
CN 110126546 A
DE 4216670 A1
US 2008271541 A1
SE 516736 C2
DE 10001272 A1
DE 19548759 A1

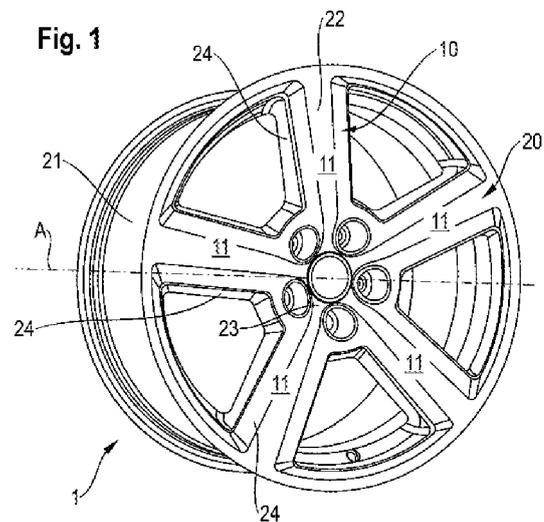
(71) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
Priller Peter Dipl.-Ing.
8111 Gratwein-Straßengel (AT)
Kögeler Hans-Michael Dr.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.-Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **SYSTEM AUS MESSSYSTEM UND FELGE**

(57) Die Erfindung betrifft ein System (1) zumindest ein Messsystem (10) und eine Felge (20) umfassend, wobei die Felge (20) ein Felgenbett (21), einen Felgenflansch (23) und einen Radkörperabschnitt (22), der das Felgenbett (21) mit dem Felgenflansch (23) in radialer Richtung miteinander verbindet, aufweist, wobei das Messsystem (10) zumindest einen - insbesondere zweiachsigen - Kraftaufnehmer (11) zur Aufnahme von Kräften (F_x , F_y) in zumindest zwei Richtungen (x , y) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Kraftaufnehmer (11) von einem Felgenflansch (23) in radialer Richtung beabstandet in dem Radkörperabschnitt (22) der Felge (20) eingebettet ist und zumindest bündig mit dem Radkörperabschnitt (22) abschließt.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein System (1) zumindest ein Messsystem (10) und eine Felge (20) umfassend, wobei die Felge (20) ein Felgenbett (21), einen Felgenflansch (23) und einen Radkörperabschnitt (22), der das Felgenbett (21) mit dem Felgenflansch (23) in radialer Richtung miteinander verbindet, aufweist, wobei das Messsystem (10) zumindest einen -insbesondere zweiachsigen – Kraftaufnehmer (11) zur Aufnahme von Kräften (F_x , F_y) in zumindest zwei Richtungen (x , y) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Kraftaufnehmer (11) von einem Felgenflansch (23) in radialer Richtung beabstandet in dem Radkörperabschnitt (22) der Felge (20) eingebettet ist und zumindest bündig mit dem Radkörperabschnitt (22) abschließt.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein System zumindest ein Messsystem und eine Felge umfassend, wobei die Felge ein Felgenbett, einen Felgenflansch und einen Radkörperabschnitt, der das Felgenbett mit dem Felgenflansch in radialer Richtung miteinander verbindet, aufweist, wobei das Messsystem zumindest einen - insbesondere zweiachsigen - Kraftaufnehmer zur Aufnahme von Kräften in zumindest zwei Richtungen aufweist.

Unter einem Kraftaufnehmer versteht sich hier ein Sensor zur Aufnahme von Kräften. Ebenfalls umfasst ist ein System aus zwei Sensoren, die Kräfte in zumindest zwei Richtungen aufnehmen können oder ein zweiachsiger Kraftaufnehmer.

Bei Fahrzeugen im Straßenverkehr sind einige Methoden bekannt, um den Zustand der Reifen zu überwachen, so ist es üblich, den Reifendruck über Drucksensoren im Inneren der Reifen zu überwachen. Aus der US 2002/0190853 A1 ist beispielsweise ein System zur Überwachung von Reifendruck gemeinsam mit einer Temperatur im Reifen bekannt.

Messsysteme, die beispielsweise an Felgen angebracht sind dienen dazu Kräfte an den Rädern für die Forschung und Entwicklung oder zu Testzwecken zu überwachen und aufzuzeichnen. Ein derartiges System ist beispielsweise aus der JP 2006349645 A bekannt. Die Messaufnehmer sind an Speichen der Felge angeordnet, wobei sie an die Speichen aufgeklebt sind. Dabei ist jedoch nachteilig, dass die Messaufnehmer durch mechanische Beschädigung von außen gefährdet sind. Beispielsweise kann der Kraftaufnehmer durch das Anfahren des Reifens an einer Kante, wie einem Randstein beschädigt werden. Die Verbindung zur Energieübertragung und zur Signalübertragung bleibt hier unerwähnt. Üblicherweise wird die Verbindung aber über Schleifringe hergestellt.

Die Messaufnehmer sind in dieser JP 2006349645 A ausschließlich als Dehnmessstreifen in Voll-Brückenschaltung angeordnet. Dadurch entsteht der Nachteil, dass deren Messaufnehmer nur in Gruppen zu vier Messaufnehmern verbaut werden können. Dies schränkt das Messsystem erheblich ein. So ist dieses System nur sehr beschränkt für Felgen mit einer ungeraden Speichenanzahl geeignet. Um ordentliche Aufnahmen zu erhalten, muss zumindest eine halbe

Radumdrehung abgewartet werden. Weiters können hier nur resistive Dehnmessstreifen eingesetzt werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ein robustes verbessertes System anzugeben, dass keinen nennbaren negativen Einfluss auf die Messergebnisse aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der zumindest eine Kraftaufnehmer von einem Felgenflansch in radialer Richtung beabstandet in dem Radkörperabschnitt der Felge eingebettet ist und zumindest bündig mit dem Radkörperabschnitt abschließt. Dies führt dazu, dass der Kraftaufnehmer durch die Umgebung in der Felge vor äußeren Einflüssen geschützt ist.

Durch die Integration der Kraftaufnehmer innerhalb der Felge wird das Trägheitsmoment - anders als zum Beispiel bei derzeit üblicherweise eingesetzten Messrädern - nur unwesentlich verändert. Durch die Integration in die Felge in der Felgenproduktion kann das Messsystem auch bei Serienfahrzeugen Anwendung finden. Dies spart Kosten und ist ästhetisch ansprechender als alle anderen gängigen Messsysteme.

Weiters ermöglicht das eine nicht-invasive Instrumentierung von Fahrzeugen mit jedem beliebigen Antriebsstrang ohne Änderungen an Hardware oder Software durchführen zu müssen. Es ist einzig ein Tausch der Felgen bei bestehenden Fahrzeugen nötig. Andere Systeme müssen zwischen Welle und Rad oder im Antriebsstrang eingebaut werden und erfordern oftmals eine Verdrahtung im Fahrzeug. Dies führt zu einem Vorteil des erfindungsgemäßen Messsystems hinsichtlich Robustheit, Einfachheit und Aufwand gegenüber diesen Systemen.

Die Erfassung einer Vielzahl mechanischer Größen im Fahrversuch wird mit hoher Genauigkeit möglich. Auch eine permanente Anwendung bei Testfahrzeugen, wie auch bei Serienfahrzeugen ist denkbar. Mögliche Einsatzgebiete umfassen beispielsweise Antriebsstrang- und Fahrwerkskalibrierung, Benchmarking, Drivability, Funktionsverifizierung im Antriebsstrang und für manche Fahrerassistenzsysteme, Reliability-Untersuchungen, Erfassen von Fahrscenarien und Manövern und Ähnlichem.

Damit können Kalibrierungen sowie eine andauernde Optimierung der Kalibrierung der diversen Steuergeräte durchgeführt werden. Es können Parameter der Steuergeräte beispielsweise im Antriebsstrang oder der Lenkung optimal eingestellt und aufeinander abgestimmt werden. Dadurch können Leistung, Dynamik, Verbrauch und Emissionen sowie die Akustik positiv beeinflusst werden. Außerdem können aus den Messergebnissen reale Fahrscenarien, Fahrgewohnheiten und Fahrmanöver ermittelt werden. Diese können wiederum zur Verbesserung von Testfahrten benutzt werden. Auch das Fahrzeug insgesamt, besonders der Antrieb, das Fahrverhalten und der Fahrkomfort können dadurch verbessert werden.

Anhand der Messergebnisse können ebenfalls Alterung, Zuverlässigkeit und Verschleiß von diversen Fahrzeugkomponenten ausgewertet werden.

Im Sinne der Erfindung ist hier auch ein Kraftaufnehmer zu verstehen, der von der Felge umgeben ist und von der Felge geschützt ist. Die bündige Anordnung im Radkörperabschnitt bezeichnet lediglich die Grenze. Der Kraftaufnehmer kann somit innerhalb der Felge im Radkörperabschnitt oder an der Oberfläche endend im Radkörperabschnitt angeordnet sein. Damit ist der zumindest eine Kraftaufnehmer plan mit dem Radkörperabschnitt der Felge angeordnet.

Durch die erfindungsgemäße Lösung der Aufgabe kann das Messsystem in jeder gewünschten Messposition bei jeder beliebigen Speichenanzahl angewendet werden. Die separate Erfassung der einzelnen Kraftaufnehmer lassen auch asymmetrischen Aufbau der Felge und des Messsystems zu.

Weiters ist die Messung in jedem Zeitpunkt, wie z.B. bei Stillstand möglich.

Zusätzlich ist das Messsystem frei hinsichtlich der Wahl der Kraftaufnehmer, so können piezoelektrische oder resistive Kraftaufnehmer bedenkenlos eingesetzt werden.

Die Signale können von jedem einzelnen Kraftaufnehmer separat erfasst und verarbeitet werden. Dadurch ist eine genauere Auflösung der Kräfte auf die Felge durch das Messsystem möglich. Dazu können die einzelnen aufgenommenen Kräfte vektoriell addiert werden und die resultierende Kraft kann mit Richtung, Orientierung und Betrag bestimmt werden.

Dadurch ist auch zu jedem Zeitpunkt eine Messung der Kräfte in einer Richtung beispielsweise normal auf eine Fahrbahnoberfläche möglich. So können Kräfte, die aus Fahrzeugmasse oder aus Fahrbahnunebenheiten resultieren erfasst beziehungsweise ermittelt werden. Die Kräfte auf die Felge können zu jedem beliebigen Zeitpunkt eruiert werden.

Es ist vorteilhaft, wenn der Radkörperabschnitt mehrere Speichen aufweist, die den Felgenflansch mit dem Felgenbett verbinden und dass in jeder Speiche zumindest ein Kraftaufnehmer integriert ist. Dadurch kann ein Signal aufgenommen werden, das in einem Fahrversuch mechanische Größen mit höchster Genauigkeit widerspiegelt.

Eine möglichst unkomplizierte und einfache Verarbeitung der Signale wird erreicht, wenn die Kraftaufnehmer in einer Umfangsrichtung der Felge gleichmäßig in dem Radkörperabschnitt verteilt sind.

Um auch Biegungen in der Felge aufnehmen zu können, ist es günstig, wenn zumindest ein erster Kraftaufnehmer je Speiche in einer ersten Normalebene auf eine Felgendrehachse angeordnet ist und dass zumindest ein zweiter Kraftaufnehmer je Speiche in einer zweiten Normalebene auf eine Felgendrehachse angeordnet ist, wobei erste Normalebene und zweite Normalebene voneinander beabstandet sind.

Besonders günstig ist es, wenn zumindest ein Kraftaufnehmer als Dehnmessstreifen (DMS) ausgeführt ist.

Um möglichst keine mechanischen Einflüsse auf das System durch das Messsystem aufzubringen, ist es vorteilhaft, wenn an der Felge ein Übertragungssystem zur drahtlosen Übertragung der Messungen angeordnet ist. Dadurch können störende mechanische Einflüsse durch die Übertragung eliminiert werden und so Aufnahmen verbessert werden.

Werden alle vier Räder mit solchen Messfelgen ausgerüstet, so ist für jede mögliche Antriebsart die Erfassung aller über die Fahrbahn aufs Fahrzeug wirkenden Kräfte möglich. Die drahtlose Kommunikation zwischen den Felgen erlaubt eine präzise zeitliche Synchronisation und damit Korrelation der einzelnen Messungen an den einzelnen Felgen zueinander. Aus Verschiebungen der Signale können spezielle

Fahrsituationen wie beispielsweise Kurvenfahrt, asymmetrischer Grip, dynamische Lastwechsel und Ähnliches bestimmt werden.

Durch Herleitung über die physikalischen Zusammenhänge, möglicherweise ergänzt um Algorithmen, die optional auf maschinellem Lernen basieren, können Messwerte direkt oder anhand von Rechenoperationen ermittelt werden, wie die einzelnen Raddrehzahl oder die Differenzen der einzelnen Raddrehzahlen untereinander, die Fahrzeuggeschwindigkeit und Kurvenerkennung, ein Rad-Schlupf durch Vergleich der einzelnen Raddrehzahl untereinander und gegebenenfalls ergänzt mit der Geschwindigkeit über der Fahrbahn, ein statisches Fahrzeuggewicht, eine statische und dynamische Gewichtsverteilung pro Rad, ein übertragenes Drehmoment pro Rad, Lenkkräfte beziehungsweise ein Lenkmoment, durch Kombination einiger Messgröße kann auch eine Erkennung der Fahrsituation und des Fahrmanövers stattfinden, eine Bestimmung von Größen aus der Fahrdynamik und damit kann im Idealfall eine Ableitung von Fahrbarkeits-Faktoren erfolgen sowie eine Erkennung von Fahrbahnunebenheiten wie Schlaglöcher.

Um auch hier das Übertragungssystem vor äußeren Einflüssen zu schützen, ist es günstig, wenn das Übertragungssystem vorzugsweise vollständig im Material der Felge eingebettet ist. Dadurch kann das Verlieren des Übertragungssystems erfolgreich vermieden werden und auch die Zerstörung durch äußere Einflüsse verhindert werden.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn der Kraftaufnehmer oder die Kraftaufnehmer in einem drahtlosen Sensornetzwerk angeordnet sind, wobei jeder Kraftaufnehmer mit einem Übertragungssystem einen Sensorknoten bildet und/oder alle Kraftaufnehmer einer Felge gemeinsam mit dem Übertragungssystem einen Sensorknoten bilden. Derartige drahtlose Sensornetzwerke werden üblicherweise als WSN für Wireless Sensor Network bezeichnet.

Es ist in einer Ausführung vorgesehen, dass jeder Sensorknoten DMS in Brückenschaltung aufweist. Idealerweise ist die gesamte Messschaltung und Sensorik innerhalb der Felge angeordnet.

Besser ist es jedoch, wenn jeder Kraftaufnehmer einzeln ausgewertet wird, da durch die Zusammenfassung über eine Brückenschaltung wertvolle Informationen verloren gehen.

Die Felge oder zumindest Teile der Felge können dabei durch additive Fertigungsverfahren (3D-Druck) hergestellt werden, sodass das gesamte Messsystem (mit Ausnahme des Empfangsgeräts) innerhalb der Felge angeordnet sein kann. Diese Teile der Felge können dann beispielsweise mit Serienteilen zusammengefügt werden, mittels Schweißen oder Nieten.

Die Sensorknoten beinhalten die Messtechnik, nämlich den zumindest einen Kraftaufnehmer, optional eine Einheit zur Vorverarbeitung zum Beispiel eine Recheneinheit und eine Übertragungseinrichtung, wie eine drahtlose, beispielsweise über Bluetooth und optional einen Energiespeicher.

Ein weiterer Knoten ist am betreffenden Fahrzeug oder an einem anderen Empfangsgerät angeordnet, der Nachrichten der Sensorknoten empfängt. Dieser Knoten wird hier als Empfangsknoten bezeichnet.

Idealerweise sind an jeder Speiche der Felgen des gesamten Fahrzeugs mehrere Sensorknoten vorgesehen, die Signale an den Empfangsknoten übersendet.

Optional ist es auch möglich einen Sensorknoten pro Felge vorzusehen, der alle Kraftaufnehmer an einer Felge und das Übertragungssystem zusammenfasst. Dieser Sensorknoten erfasst alle Kraftaufnehmer der Speichen und verarbeitet diese.

Vom Empfangsgerät kann eine Visualisierung der Signale erfolgen.

Vorteilhafterweise nehmen alle Sensorknoten zeitlich synchron auf und die Signale können einander zugeordnet werden. So können resultierende Kräfte an den Radnaben und am Fahrzeug ermittelt werden.

Es ist vorteilhaft, wenn ein Messempfänger vorgesehen ist, der zum Empfang der Signale des Übertragungssystems oder den Übertragungssystemen vorgesehen ist und vorzugsweise die Übertragung der Signale über Bluetooth eingerichtet ist. Der Messempfänger kann beispielsweise in einem Tablet, einem Smartphone oder einem Laptop als Empfangsgerät eingerichtet sein oder direkt am betreffenden Fahrzeug integriert sein.

Um Zusammenhänge mit dem Zustand des Reifens erkennen zu können, ist es günstig, wenn das Messsystem einen Reifendrucksensor aufweist. Bei fein aufgelöster Messung, kann auch eine Information über den Straßenzustand gewonnen werden, wenn die Korrelation mit der Kraftmessung berücksichtigt wird.

Durch zeitlich hochaufgelöste Messung des Reifendrucks und Korrelation mit den Kraftmessungen an der Felge können möglicherweise zusätzliche Kenntnisse zur Reifenmechanik gewonnen werden.

Um äußere Einflüsse weiter zu minimieren, ist in einer besonderen Ausführung vorgesehen, dass das Messsystem eine unabhängige Energieversorgung aufweist, vorzugsweise eine Einheit zum Energy Harvesting. Darunter versteht sich die eigenständig Energieproduktion des Messsystems ohne äußere Energiezufuhr. Durch dieses Energy Harvesting wird beispielsweise durch Erschütterungen oder aus der Bewegung, hier nämlich der Drehung Energie erzeugt. Eine Möglichkeit wäre, dass ein Pendel an einer Felgeninnenseite angeordnet ist und sich mit der Drehung der Felge bewegt, dabei wird über einen Magnet in einer Spule elektrodynamisch Energie erzeugt.

Zusätzlich kann auch ein Energiespeicher zur Energieversorgung der einzelnen Komponenten des Systems innerhalb der Felge vorgesehen sein.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Kraftkomponenten vektoriell an jeder Messtelle aufgenommen werden können und Kraftkomponenten in jeder der drei Raumrichtungen aufnimmt.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Anordnung ist daher nicht mehr nur über einen Punkt an einer Radnabe die Aufnahme von Kräften, sondern über die gesamte Felge verteilt aufnehmbar. Dabei ergeben sich phasenverschobene Kraftsignale verteilt über jede Radumdrehung. Dadurch können zusätzliche Informationen gewonnen werden, wie zum Beispiel die Drehzahl mit hoher zeitlicher Auflösung, Lenkmoment, Drehmomentschwankungen, Radunwucht und Ähnliches.

Die Messreihen der Kraftaufnehmer können entweder lokal (an der Felge) in einem Speicher gespeichert werden und zu einem späteren Zeitpunkt ausgelesen werden oder gleich ausgewertet und/oder übertragen werden. Auch ein Archivieren der

rohen Messreihen der Kraftaufnehmer kann für eine detailliertere Auswertung zu einem späteren Zeitpunkt relevant sein.

Anhand der Messergebnisse kann für Mietwagen ein neues Zahlungsmodell angedacht werden, das auch den Verschleiß an Verbrauchsteilen wie Bremsen und Ähnlichem mitberücksichtigt, was anhand von Modellen aus den Messergebnissen erstellt werden kann.

Mit den Messergebnissen ist auch eine verbesserte Aufnahme der Emissionen bei realen Fahrbedingungen möglich und ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Testfahrten bei unterschiedlichen Bedingungen wird erleichtert.

In weiter Folge wird die Erfindung anhand der vorliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein erfindungsgemäßes System in einer ersten Ausführung;
- Fig. 2 ein Schema eines Kraftaufnehmers des erfindungsgemäßen Systems;
- Fig. 3 ein Schema einer Anordnung von mehreren Kraftaufnehmern in einem erfindungsgemäßen System;
- Fig. 4 ein weiteres Schema eines Kraftaufnehmers;
- Fig. 5 ein erfindungsgemäßes System in einer zweiten Ausführung; und
- Fig. 6 beispielhafte Signale eines erfindungsgemäßen Systems.

In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes System 1 mit einem Messsystem 10 und einer Felge 20 gezeigt. Die Felge 20 weist dabei im Wesentlichen die Teile Felgenbett 21, Radkörperabschnitt 22 und Felgenflansch 23 auf. Der Felgenflansch 23 dient zur Verbindung mit einem Fahrzeug, dem die Felge 20 zugeordnet ist. Bei aufgezogenem Reifen liegt dieser am Felgenbett 21 an. Der Radkörperabschnitt 22 unter dem sich die Radscheibe der Felge 20 versteht, verbindet Felgenflansch 23 und Felgenbett 21 miteinander. Diese Verbindung kann nun scheibenförmig ausgeführt sein oder auch in Form von Speichen 24, wie hier gezeigt ist.

Das Messsystem 10 weist zumindest einen Kraftaufnehmer 11 auf, der Kräfte in zwei Richtungen aufnehmen kann. Hier sind fünf Speichen 24 vorgesehen, die jeweils um 72° versetzt regelmäßig in radialer Richtung um den Felgenflansch 23 zum Felgenbett 21 orientiert sind. In jeder Speiche 24 ist zumindest ein Kraftaufnehmer 11 angeordnet.

Zur Aufnahme von Kraft in zumindest zwei Richtungen ist entweder ein zumindest zweiachsiger Kraftaufnehmer oder zwei versetzt angeordnete Kraftaufnehmer für je eine Richtung vorgesehen. Unter dem zumindest einen Kraftaufnehmer sind sowohl der zweiachsige als auch zwei oder mehr Kraftaufnehmer umfasst.

Hier ist der Kraftaufnehmer 11 als Dehnmessstreifen kurz DMS verwirklicht.

In Fig. 2 ist ein Schema zum Kraftaufnehmer 11 gezeigt. Dabei nimmt der Kraftaufnehmer 11 Kräfte in einer y-Richtung und einer x-Richtung auf. Die beiden Richtungsvektoren sind dabei entlang von zwei Einheitsvektoren fest mit der Felge 20 verbunden angeordnet und diese sind dementsprechend normal zueinander orientiert. Die y-Richtung ist dabei in radialer Richtung der Felge 20 orientiert und die x-Richtung ist in tangentialer Richtung der Felge 20 orientiert. Die Kräfte, die in y-Richtung aufgenommen werden, werden hier als die Kräfte in y-Richtung mit F_y bezeichnet. Dementsprechend werden die Kräfte in x-Richtung mit F_x bezeichnet. Die vom Kraftaufnehmer 11 aufgenommene Kraft F_x ist dabei proportional zum Drehmoment am Rad und die Kraft F_y ist proportional zur Last am Fahrzeug und zum Gewicht des Fahrzeugs.

Durch die Anwendung der Kraftaufnehmer 11 kann bei Aufnahme der Kraft F_x ein Radmoment, bestimmt werden, und durch die Unterschiede an den einzelnen Felgen 20 eines Fahrzeugs ist sogar ein Rückschluss auf den Verlauf der Fahrbahn möglich. Bei Aufnahme der Kraft F_y kann eine statische Last die Geschwindigkeit und die Beschleunigung der Felge 20 beziehungsweise des Rades in radialer Richtung bestimmt werden, weiters kann über die Geschwindigkeit die zurückgelegte Strecke ermittelt werden. Auch die dynamische Last und die Schwingungen lassen auf eine Fahrbahnoberfläche rückschließen. Die Unterschiede zwischen einzelnen Felgen 20 bei einem Fahrzeug erlauben Rückschlüsse auf die Fahrscenarien.

Fig. 3 zeigt zwei in zwei Ebenen angeordnete zweiachsige Kraftaufnehmer 11 (DMS). Dabei sind die beiden Kraftaufnehmer 11 so angeordnet, dass sie in dem Radkörperabschnitt 22 in zwei unterschiedlichen Ebenen angeordnet sind. Dabei ist ein Kraftaufnehmer 11 im Wesentlichen in einer ersten Normalebene η auf eine Felgendrehachse A angeordnet und ein zweiter Kraftaufnehmer 11 ist in einer zweiten Normalebene θ auf die Felgendrehachse A angeordnet. Dadurch kann auch das Torsionsmoment M_z entlang der Speichen 24 und/oder das Biegemoment an der Radiusposition des Kraftaufnehmers ermittelt werden.

Die nun aufnehmbaren Kräfte sind in Fig. 4 schematisch dargestellt. Im Unterschied zu Fig. 2 ist hier als Beispiel das Torsionsmoment M_z ergänzt.

Fig. 5 zeigt eine zweite Ausführung eines Systems 1. Zusätzlich zur ersten Ausführung ist hier eine weitere Einheit 12 an der Felge 20 vorgesehen. Diese weitere Einheit 12 beinhaltet eine drahtlose Übertragungseinrichtung, die beispielsweise für eine Übertragung mittels Bluetooth ausgelegt ist und eine Recheneinheit, die bereits eine erste Verarbeitung der Signale vornimmt. Die Einheit 12 überträgt als Übertragungssystem das Signal an ein Empfangsgerät 13. Das Empfangsgerät 13 ist dabei beispielsweise im Fahrzeug angeordnet oder als ein eigenes Gerät ausgeführt, wie beispielsweise in einem Tablet, einem Smartphone oder einem Laptop.

In Fig. 6 ist eine Visualisierung von beispielhaften Signalen S von den fünf Kraftaufnehmern 11 an der Felge 20 in der ersten und zweiten Ausführung dargestellt. Dabei ist die reziproke Drehzahl $1/n$ in min^{-1} hier anhand der Entfernung der Ausschläge p1.1 und p1.2 eines Kraftaufnehmers 11 abzulesen.

Beispielhaft könnte eine Messung derart aussehen, dass für einen Reifen mit der Dimension 195/65 R 15 und damit einem Durchmesser von $(15'') \cdot 25.4 + 2 \cdot 0.65 \cdot 195 = 634$ mm und einem Umfang von 1,99 m bei 130 km/h, das heißt bei 36m/s mit ca. 18 Umdrehungen pro Sekunde mit einer Abtastung mit einem Samplingfaktor größer oder gleich 10 mindestens 200 Samples pro Signal aufgenommen werden. Dabei ergeben sich mit den fünf hier beispielhaft angeführten Kraftaufnehmern 11 1000 Samples pro Sekunde.

In einem weiteren Beispiel könnten mehrere Kraftaufnehmer 11 bei einer Felge 20 mit fünf Speichen 24 vorgesehen sein. Die Signale werden an den Sensorknoten,

den Kraftaufnehmern 11 aufgenommen. Gleichzeitig geschieht dies an allen Rädern des Fahrzeugs. Die Signale werden über die Einheit 12 oder über Übertragungseinheiten und Recheneinheiten an den Sensorknoten weiterverarbeitet und an ein Empfangsgerät 13 übertragen.

Die Energie für diese Sensorknoten beziehungsweise für die Kraftaufnehmer 11 sowie für die Einheit 12 oder andere Übertragungssysteme und Recheneinheiten wird über Energy Harvesting durch die Bewegung des Fahrzeugs und damit durch Bewegung der Felge 20 gewonnen.

Die Signale können alternativ auch in eine Cloud übertragen werden und dort für Forschung und Entwicklung oder für Datenbanken der Hersteller zu diversen Themen abgelegt werden. Diese Übertragung kann beispielsweise über LoRa bis zu einer Gateway (LongRange) und/oder über die Mobilfunkstandards LTE/5G oder Richtfunk usw. erfolgen.

Die Einheit zum Energy Harvesting ist bevorzugterweise versteckt und von außen unsichtbar entweder an einer Felgeninnenseite oder im Inneren der Felge 20 angeordnet.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. System (1) zumindest ein Messsystem (10) und eine Felge (20) umfassend, wobei die Felge (20) ein Felgenbett (21), einen Felgenflansch (23) und einen Radkörperabschnitt (22), der das Felgenbett (21) mit dem Felgenflansch (23) in radialer Richtung miteinander verbindet, aufweist, wobei das Messsystem (10) zumindest einen -insbesondere zweiachsigen – Kraftaufnehmer (11) zur Aufnahme von Kräften (F_x , F_y) in zumindest zwei Richtungen (x , y) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Kraftaufnehmer (11) von einem Felgenflansch (23) in radialer Richtung beabstandet in dem Radkörperabschnitt (22) der Felge (20) eingebettet ist und zumindest bündig mit dem Radkörperabschnitt (22) abschließt.
2. System (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Radkörperabschnitt (22) mehrere Speichen (24) aufweist, die den Felgenflansch (23) mit dem Felgenbett (21) verbinden und dass in jeder Speiche (24) zumindest ein Kraftaufnehmer (11) integriert ist.
3. System (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftaufnehmer (11) in einer Umfangsrichtung der Felge (20) gleichmäßig in dem Radkörperabschnitt (22) verteilt sind.
4. System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein erster Kraftaufnehmer (11) je Speiche (24) in einer ersten Normalebene (η) auf eine Felgendrehachse (A) angeordnet ist und dass zumindest ein zweiter Kraftaufnehmer (11) je Speiche (24) in einer zweiten Normalebene (θ) auf eine Felgendrehachse (A) angeordnet ist, wobei erste Normalebene (η) und zweite Normalebene (θ) voneinander beabstandet sind.
5. System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Kraftaufnehmer (11) als Dehnmessstreifen (DMS) ausgeführt ist.
6. System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass an der Felge (20) ein Übertragungssystem zur drahtlosen Übertragung der Messungen angeordnet ist.

7. System (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Übertragungssystem im Material der Felge (20) eingebettet ist.
8. System (1) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftaufnehmer (11) oder die Kraftaufnehmer (11) in einem drahtlosen Sensornetzwerk angeordnet sind, wobei jeder Kraftaufnehmer (11) mit einem Übertragungssystem einen Sensorknoten bildet und/oder alle Kraftaufnehmer (11) einer Felge (20) gemeinsam mit dem Übertragungssystem einen Sensorknoten bilden.
9. System (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Sensorknoten DMS in Brückenschaltung aufweist.
10. System (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Messempfänger (13) vorgesehen ist, der zum Empfang von Signalen (S) des Übertragungssystems oder den Übertragungssystemen vorgesehen ist und vorzugsweise die Übertragung der Signale (S) über Bluetooth eingerichtet ist.
11. System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsystem (10) einen Reifendrucksensor aufweist.
12. System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsystem (10) eine unabhängige Energieversorgung aufweist, vorzugsweise eine Einheit zum Energy Harvesting.

07.07.2021

AP

Fig. 1

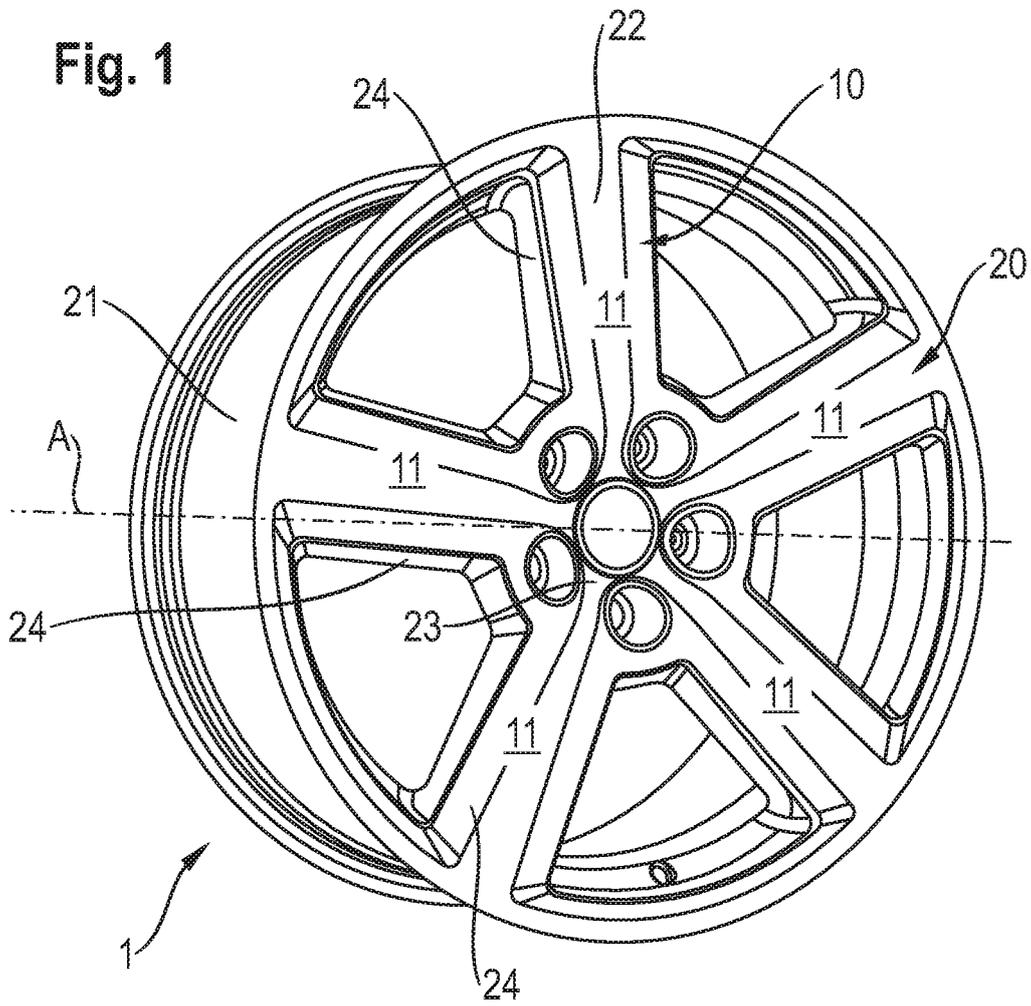


Fig. 2

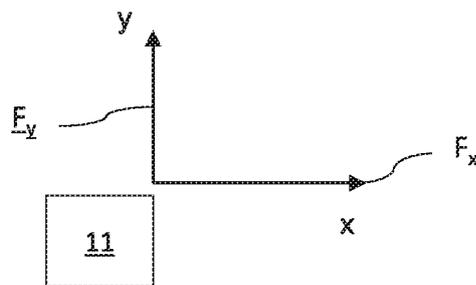


Fig. 3

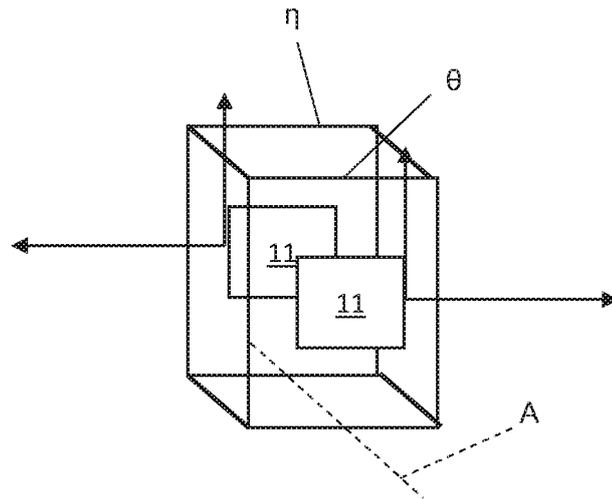


Fig. 4

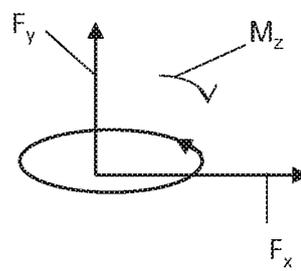


Fig. 5

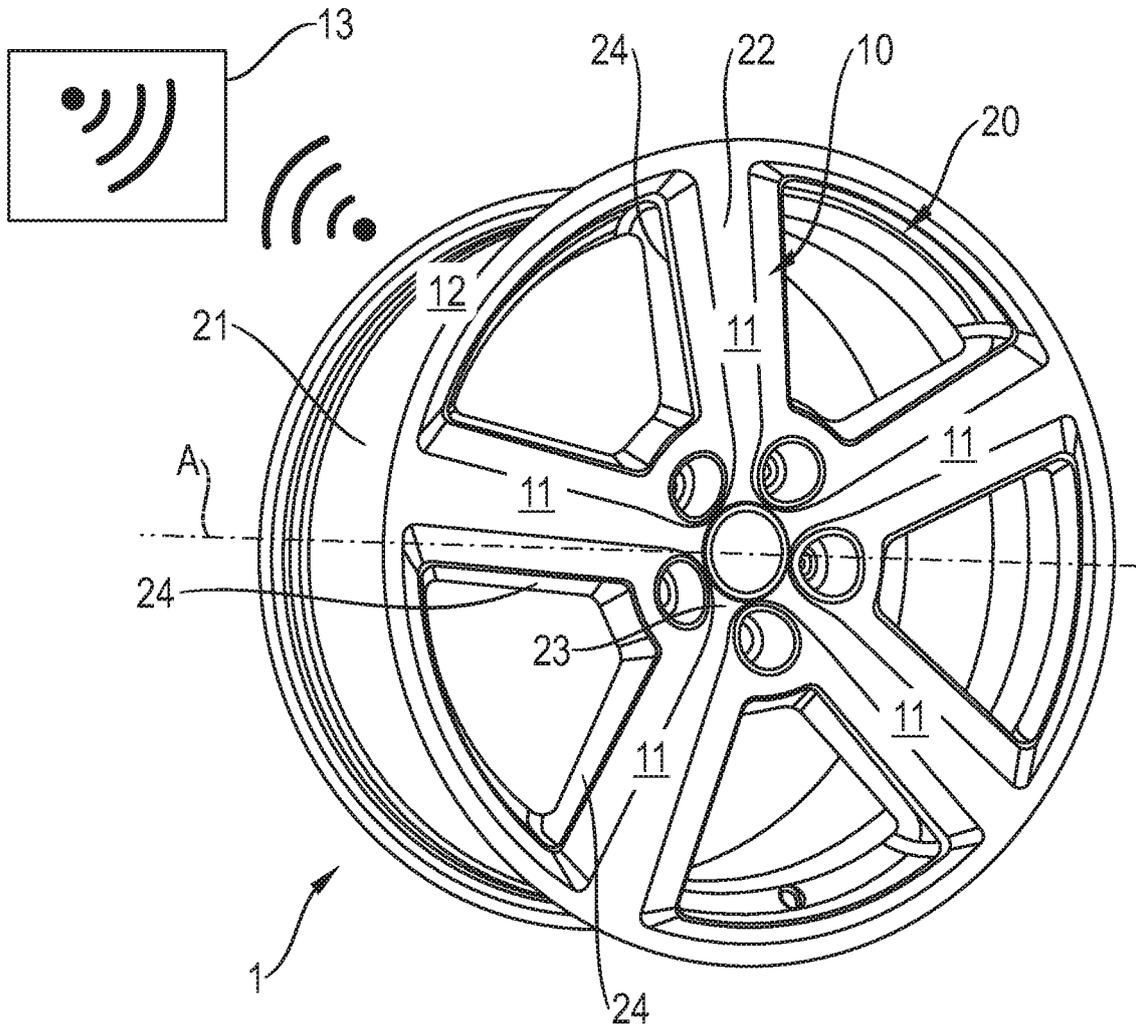


Fig. 6

