

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50621/2022
(22) Anmeldetag: 11.08.2022
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2023

(51) Int. Cl.: **F16D 65/00** (2006.01)
B60T 17/22 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2022160000 A1
WO 2019048377 A1
WO 2011160976 A1
WO 2017097901 A1
DE 102017006349 A1
DE 102017200941 A1
WO 2021035271 A1

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

(72) Erfinder:
Steiner Gerald Dipl.-Ing. Dr.
8053 Graz (AT)
Reingruber Herbert Dr.
8020 Graz (AT)
Arndt Michael Dr.
8124 Übelbach (AT)
Huber Michael Peter
8010 Graz (AT)

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

(54) **Verfahren und Messanordnung zur Bestimmung eines Kennwertes eines Bremsabriebs**

(57) Um eine genauere Messung des Bremsenabriebs einer Bremseinrichtung (2) eines Fahrzeuges zu ermöglichen ist vorgesehen, dass bremsabriebfreie Umgebungsluft aus dem Bereich des Fahrzeugrades (1) dem ersten Messgerät (10) oder einem zweiten Messgerät (20) zugeführt wird und im ersten Messgerät (10) oder zweiten Messgerät (20) aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine weitere Messgröße (K) für den Kennwert erfasst wird und die Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenes Aerosol mit der Messgröße (K) aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zu einer bereinigten Messgröße (B) korrigiert wird.

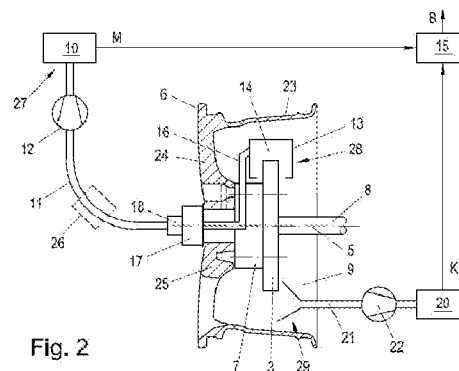


Fig. 2

Zusammenfassung

Um eine genauere Messung des Bremsenabriebs einer Bremseinrichtung (2) eines Fahrzeuges zu ermöglichen ist vorgesehen, dass bremsabriebfreie Umgebungsluft aus dem Bereich des Fahrzeugrades (1) dem ersten Messgerät (10) oder einem zweiten Messgerät (20) zugeführt wird und im ersten Messgerät (10) oder zweiten Messgerät (20) aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine weitere Messgröße (K) für den Kennwert erfasst wird und die Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenes Aerosol mit der Messgröße (K) aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zu einer bereinigten Messgröße (B) korrigiert wird.

Fig. 2

Verfahren und Messanordnung zur Bestimmung eines Kennwertes eines Bremsabriebs

Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Kennwertes eines Bremsabriebs einer Bremseinrichtung eines Fahrzeugrades, wobei

- 5 bremsabriebbeladenes Aerosol im Bereich der Bremseinrichtung einem ersten Messgerät zugeführt wird und im ersten Messgerät aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol eine Messgröße des Kennwertes des Bremsabriebs erfasst wird. Die Erfindung betrifft auch eine entsprechende Messanordnung.

- 10 Die Umweltbelastung mit Feinstaub durch Fahrzeuge ist seit langem bekannt und unterliegt immer strengeren gesetzlichen Regulatorien. Dabei war der Fokus bislang hauptsächlich die durch den Verbrennungsvorgang in einem Verbrennungsmotor erzeugte Feinstaubbelastung, die über die Verbrennungsabgase in die Umwelt gelangen. Mittlerweise wurden aber auch andere Feinstaubquellen in einem Fahrzeug identifiziert. Hierbei ist insbesondere die Bremsanlage eines Fahrzeugs in den Fokus gelangt. Der Abrieb der
15 Bremsscheibe und der Bremsbeläge während des Betriebs des Fahrzeugs erzeugt Feinstaub, der in die Umwelt gelangt und für die Feinstaubbelastung der Luft mitverantwortlich ist.

- Es sind daher schon Bremsabrieb-Partikelfilter bekannt geworden, die die Bremsscheibe teilweise umgeben und in Drehrichtung nach der Bremse angeordnet sind, um während des
20 Betriebs eines Fahrzeugs den Bremsabrieb beim Bremsen zu sammeln und zu filtern. Ein Beispiel hierfür ist in WO 2019/0048377 A1 beschrieben. Solche Bremsabrieb-Partikelfilter sind auch mit aktiver Absaugung bekannt, beispielsweise aus WO 2011/1160976 A1.

- Die Hersteller von Fahrzeugen oder von Bremsanlagen legen auch vermehrt ihr Augenmerk auf die Verringerung der Erzeugung von Feinstaub durch die Bremsanlage. Um eine
25 Bremsanlage zu entwickeln werden oftmals Bremsenprüfstände verwendet, auf denen die Bremsanlage aufgebaut und dynamischen Tests unterworfen wird. Um die Entstehung und das Ausmaß der Feinstaubproduktion durch Abrieb der Bremsscheibe / Bremsbeläge besser beurteilen zu können, ist es schon bekannt, solche Bremsenprüfstände zu erweitern, um den Bremsenabrieb messen zu können. Ein Beispiel hierfür ist die WO 2017/097901 A1. Auch in
30 der Fachliteratur wurde diese Problemstellung bereits behandelt, beispielsweise in *Kukutschová J., et al., „On airborne nano/micro-sized wear particles released from low-metallic automotive brakes“, Environmental Pollution 159 (2011), S.998-1006*. Dabei werden die Bremsscheibe und der Bremsbelag am Bremsenprüfstand im Wesentlichen eingehaust und die Luft in der Einhausung, die Bremsabrieb enthält, abgesaugt und analysiert. Da die
35 beim Bremsvorgang entstehenden Partikel ab einer gewissen Grenztemperatur stark temperaturabhängig sind, beeinflusst die Prozessführung, insbesondere der

Luftvolumenstrom in der Einhausung, der nebenbei das gesamte System kühlt, die Partikelemissionen. Das kann die realitätsnahe Messung des Bremsenabriebs auf einem Bremsenprüfstand erschweren.

Ein Bremsenprüfstand kann den realen Einsatz in einem Fahrzeug auf der Straße aber immer nur annähern. Für realitätsnähere Beurteilungen ist daher auch immer interessant, Messungen am realen Fahrzeug während des Betriebs auf der Straße durchzuführen.

Beispielsweise zeigt die DE 10 2017 006 349 A1 eine Vorrichtung zur Messung und Klassifizierung der Bremspartikelemissionen einer Radbremse eines Fahrzeugs während des realen Betriebs auf der Straße, wobei diese Vorrichtung gleichfalls auf einem

Bremsenprüfstand verwendet werden könnte. Hierbei wird die Bremse mit der Bremsscheibe und den Bremsbacken am Fahrzeug mit einer Einhausung umgeben. In die Einhausung wird Luft zugeführt und die partikelgeladene Luft aus der Einhausung abgeführt und einem Messsystem zugeführt. Neben der Schwierigkeit, die Einhausung im Radkasten unterzubringen, wird die Messung auch durch die aktiv zugeführte Luft beeinflusst und verfälscht, insbesondere durch die Temperaturbeeinflussung aufgrund der ausgeprägten Temperaturabhängigkeit der Messung des Bremsenabriebs.

In der DE 10 2017 200 941 B4 wird eine Vorrichtung zur Messung der Bremspartikelemissionen beschrieben, bei der auf den Außenring der Radfelge ein Staubsammeltrichter befestigt wird, der die ganze Außenseite der Felge umgibt und sich mit der Felge mitdreht. Über den Staubsammeltrichter wird partikelbeladene Luft abgesaugt und einer Partikelmessung zugeführt. Die Radfelge ist felgeninnenseitig nicht abgedichtet, womit es nicht möglich ist, in der partikelbeladenen Abluft den Bremsabrieb vom Reifen- oder Straßenabrieb oder Umgebungsstaub zu trennen. Das verhindert eine zuverlässige Quantifizierung und Klassifizierung des Bremsenabriebs. Abgesehen davon ändern sich bei dieser Vorrichtung die Strömungsverhältnisse mit der geometrischen Form der gemessenen Radfelge, weshalb ein Vergleich des Bremsenabriebs zwischen verschiedenen Fahrzeugen oder Radfelgen kaum möglich ist. Nicht zuletzt kann es durch den Staubsammeltrichter und die fehlende Luftzirkulation auch zu einer Überhitzung innerhalb der Felge kommen, was die Messung der Partikelemission beeinflussen kann, weil die Partikelemission stark von der Temperatur abhängig ist.

Insbesondere bei der Messung der Partikelemissionen einer Radbremse eines Fahrzeugs während des realen Betriebs des Fahrzeugs auf der Straße kann es zu einer Beeinflussung der Messung durch Fremdpartikel, wie Reifenabrieb, Straßenabrieb oder Umgebungsstaub, kommen. Die Fremdpartikel werden dem Messsystem mit dem Bremsabrieb zugeführt und können im Messsystem nicht, oder nur sehr aufwendig, von Bremsabrieb unterschieden werden. Das verfälscht die Genauigkeit der Messung des Bremsabriebs einer Bremsanlage eines Fahrzeugs.

Es ist eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung, eine genauere Messung des Bremsenabriebs einer Bremseinrichtung eines Fahrzeuges zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bremsabriebfreie Umgebungsluft aus dem Bereich des Fahrzeugrades dem ersten Messgerät oder einem zweiten Messgerät
 5 zugeführt wird und im ersten Messgerät oder zweiten Messgerät aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine weitere Messgröße für den Kennwert erfasst wird und dass die Messgröße des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol mit der Messgröße des Kennwerts aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zu einer
 10 bereinigten Messgröße korrigiert wird. Nachdem aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine weitere Messgröße des Kennwertes erfasst wird, wird damit ein Kennwert der Fremdpartikel in der bremsabriebfreien Umgebungsluft im Bereich des Fahrzeugrades erfasst. Die Fremdpartikel stellen den Emissionshintergrund der eigentlich interessierenden Messung des Kennwertes des Bremsabriebs dar. Damit kann der Emissionshintergrund entsprechend erfasst und der Kennwert der Bremsabriebs damit korrigiert werden, um eine
 15 bereinigte Messgröße des Kennwertes zu erhalten. Das ermöglicht eine genauere Erfassung eines Kennwertes des Bremsabriebs einer Bremseinrichtung eines Fahrzeuges. „Korrigieren“ bedeutet dabei insbesondere, dass der Einfluss von Fremdpartikeln aus der Umgebung der Bremseinrichtung auf die Messgröße des Kennwertes des Bremsabriebs zumindest reduziert wird, vorzugsweise eliminiert wird.

20 Die bereinigte Messgröße wird vorzugsweise aus einer vorgegebenen mathematischen Funktion der Messgröße des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und der Messgröße des Kennwerts aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft gebildet, vorzugsweise als Subtraktion der Messgröße des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und der
 25 Messgröße des Kennwerts aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft.

In einer möglichen Ausgestaltung wird das bremsabriebbeladene Aerosol einem ersten Messgerät zur Erfassung der Messgröße des Kennwertes aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol zugeführt wird und die bremsabriebfreie Umgebungsluft einem zweiten Messgerät zur Erfassung der Messgröße des Kennwerts aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft
 30 zugeführt. Das bremsabriebbeladene Aerosol und die bremsabriebfreie Umgebungsluft werden dabei an unterschiedlichen Stellen im Bereich des Fahrzeugrades entnommen. Auf diese Weise können die beiden Messgrößen des Kennwertes parallel (zeitgleich) erfasst werden, womit zu jedem Zeitpunkt der Erfassung die aktuellen Messgrößen vorliegen und die bereinigte Messgröße ermittelt werden kann.

35 In einer alternativen Ausgestaltung, wird die Messgröße des Kennwertes aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und die Messgröße des Kennwerts aus der

bremsabtriebfreien Umgebungsluft mit demselben ersten Messgerät erfasst, wobei die Messgröße des Kennwertes des Bremsabtriebs aus dem bremsabtriebbeladenen Aerosol während einer Zeitspanne erfasst wird, in der mit der Bremseinrichtung gebremst wird und die Messgröße aus der bremsabtriebfreien Umgebungsluft eine vorgegebene Wartezeit
 5 nachdem mit der Bremseinrichtung gebremst wurde oder zu einem Zeitpunkt bevor mit der Bremseinrichtung gebremst wurde erfasst wird. Diese Ausgestaltung ist apparativ einfacher, weil nur ein Messkanal vorgesehen sein muss. Damit müssen die beiden Messgrößen aber zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst werden, wobei darauf geachtet werden muss, dass die erste Messgröße zu einem ersten Zeitpunkt erfasst wird, an dem eine Bremsung
 10 stattfindet und die zweite Messgröße zu einem zweiten Zeitpunkt erfasst wird, an dem keine Bremsung stattfindet. Der zweite Zeitpunkt ist vorzugsweise unmittelbar bevor mit der Bremseinrichtung gebremst wird (aber zu einem Zeitpunkt an dem nicht gebremst wird) oder eine bestimmte Wartezeit nachdem mit der Bremseinrichtung gebremst wurde (aber zu einem Zeitpunkt an dem nicht gebremst wird).

15 Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 5 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

Fig. 1 ein Sammelgehäuse zum Sammeln von Bremsabrieb im Bereich einer Bremseinrichtung,

20 Fig.2 eine Ausführung der Erfindung mit zwei Messkanälen,

Fig.3 eine Ausgestaltung eines Sammelgehäuses im Bereich eines Fahrzeugrades,

Fig.4 eine Ausführung der Erfindung mit einem Messkanal und

Fig.5 den zeitlichen Verlauf der Messungen in einer Ausführung mit einem Messkanal.

Die Bremseinrichtung 2 eines Fahrzeugrades 1 (in Fig.1 nur angedeutet und in Fig.2 nur die
 25 Felge des Fahrzeugrades dargestellt) besteht aus einem ersten Bremsenteil 3 und zweiten Bremsenteil 4, die zum Bremsen zusammenwirken. Das Fahrzeugrad 1 rotiert um eine Drehachse 5. Der erste Bremsenteil 3 ist drehfest mit dem Fahrzeugrad 1 verbunden (direkt oder indirekt) und rotiert mit diesem mit. „Drehfest“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass über die Verbindung ein Drehmoment übertragen werden kann. Der zweite Bremsenteil
 30 4 ist an einem ortsfesten Teil des Fahrzeugs angeordnet, beispielsweise an einer Radaufhängung. Der zweite Bremsenteil 4 wird von einem Bremsantrieb (in den Figuren nicht dargestellt) bewegt und wird beim Bremsen gegen den ersten Bremsenteil 3 gedrückt. Durch die entstehenden Reibkräfte zwischen dem ersten Bremsenteil 3 und zweiten Bremsenteil 4 wird ein auf das Fahrzeugrad 1 wirkendes Bremsmoment erzeugt.

35 Es sind unterschiedliche Ausführungen von Bremseinrichtungen 2 bekannt, wobei eine Schwimmsattelbremse, Festsattelbremse und Trommelbremse die bekanntesten und die am

häufigsten eingesetzt sind. Bei einer Schwimmsattelbremse oder Festsattelbremse ist der erste Bremsenteil 3 als Bremsscheibe ausgeführt und der zweite Bremsenteil 4 als Bremsbelag, der an einem Bremssattel angeordnet ist. Bei einer Trommelbremse ist der erste Bremsenteil 3 als Bremstrommel ausgeführt und der zweite Bremsenteil 4 als Bremsbacke. Daneben sind natürlich auch noch andere Ausführungen einer Bremseinrichtung 2 eines Fahrzeugrades 1 möglich. In Fig.1 und 2 sind als Ausführungsbeispiele schematisch Schwimmsattelbremsen dargestellt.

Die Felge 6 des Fahrzeugrades 1 besteht aus einer hinsichtlich der Drehachse 5 radial außen liegenden Felgenumfangsfläche 23, die als Reifenauflegefläche für einen Reifen (in Fig.2 nicht dargestellt) des Fahrzeugrades 1 dient, einer Anzahl von Speichen 24 und einem zentral innen innenliegenden Felgenflansch 25. Die Speichen 24 verbinden üblicherweise die Felgenumfangsfläche 23 mit dem Felgenflansch 25. Im bestimmungsgemäßen Einsatz des Fahrzeugrades 1 an einem Fahrzeug ist das Fahrzeugrad 1 an einer Radnabe 7 des Fahrzeugs angeordnet, beispielsweise im Bereich des Felgenflansches 25 mit Radbolzen (in Fig.2 zwecks Vereinfachung nicht dargestellt) daran angeschraubt. Die Radnabe 7 ist wiederum mit einer (angetriebenen oder nicht angetriebenen) Achse 8 des Fahrzeugs verbunden und dreht sich mit der Achse 8 mit. Der erste Bremsenteil 3 kann ebenfalls drehfest mit der Radnabe 7 oder der Achse 8 verbunden sein.

Die Felge 6 kann an allen Achs- und Radaufhängungsvarianten eingesetzt werden, beispielsweise an einer Halbachse, einer Starrachse, einer Halbstarrachse, einer Verbundlenkerachse, einer Einzelradaufhängung usw.

Die Felge 6 ist üblicherweise gegenüber den Speichen 24 offen und die offene Seite ist im bestimmungsgemäßen Einsatz der Felge 6 zum Radkasten eines Fahrzeugs hin orientiert. Zwischen der Felgenumfangsfläche 23, den Speichen 24 und dem Felgenflansch 25 ist ein Felgeninnenraum 9 ausgebildet. Üblicherweise sind im bestimmungsgemäßen Einsatz des Fahrzeugrades 1 die Radnabe 7, der erste Bremsenteil 3 und der zweite Bremsenteil 4 zumindest teilweise im Felgeninnenraum 6 angeordnet.

Die Erfindung beruht darauf, dass mit einer Messanordnung 27 ein Kennwert des Bremsabriebs einer Bremseinrichtung 2 eines Fahrzeugrades 1 erfasst wird. Dazu wird der beim Bremsen entstehende Bremsabrieb (Abrieb des ersten Bremsenteil 3 und/oder des zweiten Bremsenteil 4) aus dem Bereich der Bremseinrichtung 2 abgeführt und einem ersten Messgerät 10 zugeführt. Der Bremsabrieb besteht im Wesentlichen aus Bremsabriebpartikeln, also aus Feststoffen in Partikelform. Beispielsweise kann in der Messanordnung 27 an einer ersten Entnahmestelle 28 Luft aus dem Bereich der Bremseinrichtung 2 abgesaugt werden und dem ersten Messgerät 10 über eine erste Abführleitung 11 zugeführt werden. Während (und eine Zeitdauer nach dem Bremsen) des

Bremsens wird mit der Luft auch Bremsabrieb abgesaugt, wobei beispielsweise ein Aerosol aus Luft und Bremsabriebpartikeln vorliegt und abgesaugt wird. Zum Absaugen des bremspartikelbeladenen Aerosols kann in der ersten Abführleitung 11 eine erste Abförhpumpe 12 vorgesehen sein, die stromabwärts oder stromaufwärts des ersten Messgeräts 10 angeordnet sein kann.

Das erste Messgerät 10 kann beliebig ausgeführt sein, beispielsweise als hinlänglich bekanntes Partikelmessgerät, und kann als erste Messgröße M einen beliebigen Kennwert des Bremsabriebs erfassen, beispielsweise eine Bremspartikelanzahl pro Zeiteinheit, eine Bremspartikelgrößenverteilung, einer Bremspartikelmasse, eine Bremspartikelzusammensetzung usw. Messgeräte zu diesem Zweck sind hinreichend bekannt und können beispielsweise nach dem Prinzip der Kondensationspartikelvergrößerung oder nach dem Diffusionsaufladungsprinzip arbeiten. Es können natürlich auch mehrere verschiedene erste Messgeräte 10 vorgesehen sein, um verschiedene Kennwerte des Bremsabriebs zu erfassen. Genauso können in einem ersten Messgerät 10 auch mehrere Kennwerte des Bremsabriebs erfasst werden.

Stromauf des ersten Messgerät 10 kann bedarfsweise auch noch eine bekannte Aufbereitung des abgeführten bremspartikelbeladenen Aerosols in einer ersten Aufbereitungseinheit 26 (in Fig.2 gestrichelt angedeutet) vorgesehen sein, beispielsweise eine Verdünnung des Aerosolstroms mit einem partikelfreien Gas, eine Abzweigung eines definierten Messvolumenstromes zur Messung oder eine Entfernung flüchtiger Partikel im Aerosol (beispielsweise mit einem „Volatile Particle Remover“), das Abscheiden von Partikeln bestimmter Größe oder eines bestimmten Größenbereichs, wobei bedarfsweise auch mehrere solcher Aufbereitungsschritte vorgesehen sein können. Auch eine zumindest abschnittsweise Temperierung der ersten Abführleitung 11 und/oder einer ersten Abförhpumpe 12 und/oder des Messgeräts 10 auf eine vorgegebene Temperatur ist möglich. Das Messgerät 10 kann die Messgröße M entweder integral (über einen definierten Fahrzyklus, beispielsweise in Form einer Messgröße über einer bestimmten Zeitspanne oder einer bestimmten Testfahrt mit einem Fahrzeug) oder zeitaufgelöst (vorzugsweise in vorgegebenen Zeitschritten, beispielsweise im Millisekundenbereich) ermitteln.

Um eine Beeinflussung der Messung eines Kennwertes des Bremsabriebs durch Fremdpartikel im Bereich des Fahrzeugrades 1 zu reduzieren, ist mit der Messanordnung 27 im Bereich des Fahrzeugrades 1 erfindungsgemäß zumindest eine weitere Messung von bremsabriebfreier Umgebungsluft vorgesehen. Unter „Fremdpartikel“ werden solche Partikel verstanden, die nicht auf den Bremsabrieb zurückzuführen sind. Beispielsweise stellen Reifenabrieb, Straßenabrieb oder Umgebungsstaub Fremdpartikel dar. Die bremsabriebfreie Umgebungsluft wird an einer zweiten Entnahmestelle 29 im Bereich des Fahrzeugrades 1, vorzugsweise im Felgeninnenraum 9, abgesaugt und einem zweiten Messgerät 20 über eine

zweite Abführleitung 21 zugeführt. Hierfür kann ebenso eine zweite Abförhpumpe 22 in der zweiten Abführleitung 21 vorgesehen sein, wiederum stromabwärts oder stromaufwärts des zweiten Messgeräts 20. Auch in der zweiten Abführleitung 21 kann bedarfsweise eine zweite Aufbereitungseinheit wie oben beschrieben vorgesehen sein. In einer zweiten

5 Aufbereitungseinheit können auch andere und/oder zusätzliche Aufbereitungsschritte als in der ersten Aufbereitungseinheit 26 implementiert sein. Gegebenenfalls wird vor dem für die bremsabriebfreie Umgebungsluft vorgesehenen zweiten Messgerät 20 auch die gleiche Vorbehandlung der bremsabriebfreien Umgebungsluft wie vor dem ersten Messgerät 10 durchgeführt.

10 In diesem zweiten Messgerät 20 wird in der abgesaugten bremsabriebfreien Umgebungsluft als zweite Messgröße K (entweder integral oder zeitaufgelöst) der bremsabriebfreien Umgebungsluft der gleiche zumindest eine interessierende Kennwert des Bremsabriebs wie im ersten Messgerät 10 bestimmt. Die integrale oder zeitaufgelöste Messung im zweiten Messgerät 20 erfolgt vorzugsweise gleich wie die integrale oder zeitaufgelöste Messung im
15 ersten Messgerät 10.

Das für die bremsabriebfreie Umgebungsluft vorgesehene zweite Messgerät 20 kann gleich ausgeführt sein wie das für bremspartikelbeladene Aerosol vorgesehene erste Messgerät 10, kann aber auch nach einem anderen Messprinzip arbeiten.

Beide Messgrößen M, K werden einer Auswerteeinheit 15 zugeführt, in der die auf den
20 Bremsabrieb zurückgehende Messgröße M durch die auf die bremsabriebfreie Umgebungsluft zurückgehende Messgröße K korrigiert wird. Eine bereinigte Messgröße B für den interessierenden Kennwert des Bremsabriebs kann aus einer vorgegebenen mathematischen Funktion f der Messgröße M des Kennwertes aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und der Messgröße K aus der bremsabriebfreien
25 Umgebungsluft gebildet werden, also allgemein aus $B = f(M, K)$. Diese Korrektur kann durch Subtraktion (Funktion f) der Messgröße K von der Messgröße M erfolgen. Damit wird eine bereinigte Messgröße B für den interessierenden Kennwert des Bremsabriebs gebildet, also beispielsweise $B = M - K$, in der der Einfluss durch Fremdpartikel im Bereich des Fahrzeugrades 1, die von Bremsabrieb nicht zu unterscheiden sind, reduziert, idealerweise
30 eliminiert, wurde. Die Funktion f kann aber auch eine Temperaturabhängigkeit einer Messgröße M, K abbilden oder eine Messgröße M, K gewichten oder einen Kennwert in einen anderen umrechnen.

Die bereinigte Messgröße B kann entsprechend weiterverarbeitet und/oder zur späteren Verarbeitung gespeichert werden, gegebenenfalls auch in der Auswerteeinheit 15 selbst.

35 Die Auswerteeinheit 15 ist vorzugsweise als mikroprozessorbasierte Hardware, beispielsweise als Computer, mit darauf ablaufender Auswertesoftware ausgeführt, kann

aber auch als ein integrierter Schaltkreis wie beispielsweise als Field Programmable Gate Array (FPGA) oder anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) ausgeführt sein. Auch andere Ausführungen der Auswerteeinheit 15 sind denkbar.

In der Ausführung nach Fig.2 sind zwei Messkanäle vorgesehen, wobei in jedem Messkanal jeweils ein Messgerät 10, 20 zur Erfassung jeweils einer Messgröße M, K eines Kennwertes des Bremsabriebs vorgesehen ist. In einem Messkanal (mit erstem Messgerät 10) wird der Bremsabrieb erfasst und im anderen Messkanal (mit zweitem Messgerät 20) werden Fremdpartikel erfasst, die vom Bremsabrieb nicht zu unterscheiden sind.

Bei der Ausführung mit zwei Messkanälen, sollte die zweite Entnahmestelle 29 der bremspartikelfreien Umgebungsluft im Bereich des Fahrzeugrades 1 daher sorgfältig gewählt werden, vorzugsweise an einer Stelle, die im Betrieb der Bremseinrichtung 2 möglichst frei von Bremspartikeln ist, aber trotzdem hinreichend nahe an der ersten Entnahmestelle 28 des bremspartikelbeladenen Aerosols. Eine solche zweite Entnahmestelle 29 könnte beispielsweise in Drehrichtung des Fahrzeugrades vor der Bremseinrichtung 2 oder vor dem zweiten Bremsenteil 4 der Bremseinrichtung 2 liegen, weil die Bremspartikel durch die Rotation des ersten Bremsenteils 3 in Drehrichtung mitgenommen werden und damit in Drehrichtung davor bremsabriebfreie Umgebungsluft vorliegt.

Wie das mit Bremsabrieb beladene Aerosol an der ersten Entnahmestelle 28 im Bereich der Bremseinrichtung 2 entnommen wird spielt für die Erfindung keine Rolle. Die Entnahme könnte beispielsweise wie in WO 2021/035271 A1 beschrieben ausgeführt sein. Die Entnahme könnte aber auch mit einem Sammelgehäuse 13 mit Sammelvolumen 14 (wie nachfolgend beschrieben) oder auch beliebig anders ausgestaltet sein.

Die Figuren 1 und 2 zeigt eine mögliche Ausgestaltung der ersten Entnahmestelle 28 des bremspartikelbeladenen Aerosols mit einem Sammelgehäuse 13. Das Sammelgehäuse 13 ist bezogen auf den ersten Bremsenteil 3 im Fahrzeug ortsfest angeordnet. Das Sammelgehäuse 13 umgibt den ersten Bremsenteil 3, beispielsweise eine Bremsscheibe, zumindest teilweise. Der erste Bremsenteil 3 ist damit zumindest teilweise in einem im Inneren des Sammelgehäuses 13 ausgebildeten Sammelvolumen 14 angeordnet und bewegt sich durch das Sammelgehäuse 13. Das Sammelgehäuse 13 ist in Drehrichtung des Fahrzeugrades 1 (in Fig.1 mit dem Pfeil angedeutet) nach der Bremseinrichtung 2 angeordnet und erstreckt sich vorzugsweise einen Erstreckungswinkel α in Drehrichtung. Der Erstreckungswinkel α beträgt vorteilhaft zwischen 100 und 180°. Der Erstreckungswinkel α ist vorzugsweise kleiner als 130°, damit die Luftströmung im Bereich der Messfelge 1 nicht zu stark von den ansonsten am Fahrzeug auftretenden Verhältnissen abweicht, was auch die Kühlung der Bremsenteile negativ beeinflussen könnte. Das Sammelgehäuse 13 kann

außer den Bereich des zweiten Bremsenteils 4 aber auch den gesamten Umfang des ersten Bremsenteils 3 abdecken.

Beim Bremsen entstehender Bremsabrieb wird durch die Rotation des ersten Bremsenteils 3 in Rotation versetzte Umgebungsluft mitgenommen und damit in das Sammelgehäuse 13 befördert. Am Sammelgehäuse 13 ist eine Sammelleitung 16 angeordnet, die mit dem Sammelvolumen 14 und der Abführleitung 11 verbunden ist. Damit kann bremspartikelbeladenes Aerosol über die Abführleitung 11 aus dem Sammelgehäuse 13 abgesaugt und dem ersten Messgerät 10 zugeführt werden.

Die zweite Entnahmestelle 29 für die bremsabriebfreie Umgebungsluft könnte auch im Sammelgehäuse 13 vorgesehen sein, wenn im Sammelgehäuse 13 ein vom Sammelvolumen 14 getrennter Bereich geschaffen wird, der frei von Bremsabrieb bleibt.

Die Sammelleitung 16 oder die Abführleitung 11 könnte über den Radkasten des Fahrzeugs zu der Stelle der Entnahme des bremsabriebbeladenen Aerosols im Bereich der Bremseinrichtung 2 geführt sein.

In der Anwendung ist es jedoch einfacher, wenn die Abführleitung 11 über das Fahrzeugrad 1 mit der Entnahmestelle 28 des bremsabriebbeladenen Aerosols verbunden ist, beispielsweise über eine Sammelleitung 16, weil dann alle Anschlüsse einfach von außen am Fahrzeugrad 1 zugänglich wären. Nachdem sich das Fahrzeugrad 1 im Betrieb aber dreht, kann am Fahrzeugrad 1 ein Abführraum 17 vorgesehen sein, der sich mit dem Fahrzeugrad 1 mitdreht. Der Abführraum 17 ist über die Sammelleitung 16 mit der Entnahmestelle 28 des bremsabriebbeladenen Aerosols, beispielsweise mit dem Sammelvolumen 14 im Sammelgehäuse 13, verbunden. Die Sammelleitung 16, und gegebenenfalls das Sammelgehäuse 13, sind ortsfest im Felgeninnenraum 9 angeordnet. Am Abführraum 17 ist eine Drehdurchführung 18 vorgesehen, die mit dem Abführraum 17 in Verbindung steht. Solche Drehdurchführungen sind hinlänglich bekannt. Die Drehdurchführung 18 dient dazu, das bremsabriebbeladene Aerosol aus dem rotierenden Abführraum 17 in eine gegenüber dem Abführraum 17 drehfeste Abführleitung 11 überzuführen. Eine solche Ausführung ist in Fig.2 dargestellt.

Eine mögliche Ausführung einer Anordnung mit Abführraum 17 ist in Fig.3 dargestellt.

Fig.3 zeigt Fahrzeugrad 1 mit einer Felge 6 und Reifen 19, das in diesem Ausführungsbeispiel in üblicher Weise an einem Radträger 30 eines Fahrzeugs (nicht dargestellt) angeordnet ist. Der Radträger 30 ist beispielsweise Teil einer Radaufhängung des Fahrzeugs und bildet einen drehfesten Bauteil des Fahrzeugs aus. Am Radträger 30 ist das Radlager 33 bzw. der drehfeste Teil des Radlagers 33 angeordnet. Beispielsweise sind Lagerschrauben (nicht dargestellt) vorgesehen, um das Radlager 33 am Radträger 30, oder einem anderen drehfesten Bauteil des Fahrzeugs, anzuordnen. Am Radlager 33 ist die

Radnabe 7 drehbar gelagert angeordnet. In der Ausführung nach Fig.3 ist die Radnabe 7 als drehbarer Teil des Radlagers 33 ausgeführt. Die Radnabe 7 kann mit einer Achse 8 verbunden sein, beispielsweise über eine geeignete Wellen-Nabenverbindung. An der Radnabe 7 ist ein erster Bremsenteil 3, hier eine Bremsscheibe, angeordnet, beispielsweise mit geeigneten Schraubverbindungen. Der erste Bremsenteil 3, hier die Bremsscheibe, dreht sich somit mit der Radnabe 7 mit. Über Radschrauben 31 ist das Fahrzeugrad 1 über den Felgenflansch 25 mit der Radnabe 7 verbunden.

Ein Sammelgehäuse 13, das sich einen Erstreckungswinkel α in Drehrichtung erstreckt, ist zum Teil über den ersten Bremsenteil 3 gestülpt, sodass der erste Bremsenteil 3 teilweise im Sammelgehäuse 13 angeordnet ist. Eine Sammelleitung 16 ist mit dem Sammelgehäuse 13 ausgebildeten Sammelvolumen 14 verbunden. In dieser Ausführung ist die Sammelleitung 16 und das Sammelgehäuse 13 als ein Bauteil ausgeführt. Das Sammelgehäuse 13 mit der Sammelleitung 16 ist an einem relativ zum Fahrzeugrad 1 drehfesten Bauteil des Fahrzeugs angeordnet, beispielsweise am Radträger 30, am drehfesten Teil des Radlagers 33 oder am drehfesten Teil der Bremseinrichtung 2 (beispielsweise an einem Bremssattel), und dreht sich somit nicht mit dem Fahrzeugrad 1 mit.

Axial zwischen dem Felgenflansch der Felge 6 und der Radnabe 7 ist eine Sammelscheibe 34 angeordnet, beispielsweise über die Radschrauben 31. Die Sammelscheibe 34 dreht sich mit dem Fahrzeugrad 1 mit. In der Sammelscheibe 34 ist ein Hohlraum ausgebildet, der den Abführraum 17 ausbildet. Die Sammelscheibe 34 kann an der äußeren Umfangsfläche zumindest teilweise offen ausgeführt sein, wodurch der Abführraum 17 mit der äußeren Umfangsfläche verbunden ist. Die Sammelleitung 16 endet im Bereich der äußeren Umfangsfläche der Sammelscheibe 34, sodass die Sammelleitung 16 und damit auch das Sammelvolumen 14 mit dem Abführraum 17 verbunden ist, auch wenn sich die Sammelscheibe 34 gegenüber der Sammelleitung 16 dreht. Die Sammelscheibe 34 ist an der dem Radkasten (auf Seite des Radträgers 30) zugewandten Stirnseite geschlossen und im zentralen Bereich der dem Felgenflansch zugewandten Stirnseite offen ausgeführt. In der Mittenausnehmung der Felge 6 ist ein hohler Abführstützen 32 drehbar gelagert angeordnet, beispielsweise über Wälzlager wie in Fig.3. Der Abführstützen 32 ist damit relativ zur Felge 6 drehbar. Auf diese Weise wird eine Drehdurchführung 18 geschaffen, mit der bremsabriebbeladenes Aerosol aus dem rotierenden Abführraum 17 über den gegenüber dem Fahrzeugrad 1 feststehenden Abführstützen 32 abgeführt werden kann. Mit dem der Felge 6 abgewandten Ende des Abführstützens 32 ist die erste Abführleitung 11 verbunden.

Es ist offensichtlich, dass zwischen bewegten und drehfesten Bauteilen vorteilhaft ein Luftspalt vorgesehen ist, um Reibung und Verschleiß zu vermeiden. Ein solcher Luftspalt wird beispielsweise zwischen einem Abführraum 17, beispielsweise in einer Sammelscheibe 34, und einer Sammelleitung 16 vorgesehen. Ebenso ist ein Luftspalt zwischen einem

bewegten Bremsenteil, beispielsweise dem ersten Bremsenteil 3, und dem Sammelgehäuse 13 vorteilhaft. Der Luftspalt kann so ausgeführt und dimensioniert sein, dass der Verlust des Bremsabriebs minimiert wird. Ein Luftspalt entsteht auch an den beiden in Umfangsrichtung gesehenen stirnseitigen Enden des Sammelgehäuses 13. Wird bremsabriebbeladenes
 5 Aerosol aus dem Sammelgehäuse 13 abgesaugt, wird gleichzeitig Umgebungsluft aus der Umgebung des Sammelgehäuses 13 über solche Luftspalte angesaugt. Diese Umgebungsluft ist bremsabriebfreie Umgebungsluft, da der Bremsabrieb im Sammelgehäuse 13 gesammelt wird. Abgesehen davon sorgt das durch die Absaugung wirkende Druckgefälle dafür, dass kein bremsabriebbeladenes Aerosol über den Luftspalt in
 10 die Umgebung des Sammelgehäuses 13 austreten kann. Nachdem Umgebungsluft aus der Umgebung des Sammelgehäuses 13 über solche Luftspalte angesaugt wird, kommen auf diesen Weg auch Fremdpartikel in das Sammelvolumen 14 und auf diesen Weg auch zum ersten Messgerät 10. Stellen in der Nähe solcher Luftspalte am Sammelgehäuse 13 eignen sich daher besonders als zweite Entnahmestellen 29 für das Absaugen bremsabriebfreier
 15 Umgebungsluft.

In Fig.3 ist beispielhaft eine zweite Entnahmestellen 29 im Bereich eines Luftspalts zwischen dem Abführraum 17 und der Sammelleitung 16 angedeutet. Nachdem an dieser Stelle oftmals Platznot herrscht, könnte die zweite Entnahmestelle 29 auch an einer etwas weiter vom Luftspalt entfernte, aber leichter zugänglichen Stelle angeordnet sein, wie in Fig.3
 20 gestrichelt angedeutet ist.

Die Erfindung kann aber auch in einer Ausführung mit nur einem Messkanal verwendet werden, wie anhand der Figuren 4 und 5 beschrieben wird. Bei Verwendung nur eines Messkanals wird nur ein einziges erstes Messgeräte 10 für beide Messungen verwendet, also für die Erfassung der Messgröße M für den Kennwert des Bremsabriebs aus dem
 25 bremsabriebbeladenen Aerosol und der Messgröße K für den Kennwert aus der bremsabriebfreie Umgebungsluft. Für beide Messungen wird an der derselben ersten Entnahmestelle 28 im Bereich der Bremseinrichtung 2 Luft abgesaugt. Die erste Entnahmestelle 28 kann wie mit Bezugnahme auf die Fig.1, 2 und 3 beschrieben ausgeführt sein, kann aber auch beliebig anders ausgeführt sein.

Wie in Fig.4 dargestellt, erfolgt in dieser Ausführung die Entnahme über den Radkasten des Fahrzeugs (nicht dargestellt) und nicht über die Felge 6 wie in Fig.2. Aber die Entnahme könnte auch in dieser Ausgestaltung der Erfindung über die Felge 6 erfolgen.

Über die erste Abführleitung 11 und eine erste Abförpumpe 12 (stromaufwärts oder stromabwärts des ersten Mesgeräts 10) wird an der ersten Entnahmestelle 28 aus dem
 35 Bereich um die Bremseinrichtung 2, beispielsweise in Drehrichtung nach dem zweiten Bremsenteil 4, während des Bremsens bremsabriebbeladenes Aerosol entnommen und dem

ersten Messgerät 10 zur Erfassung der Messgröße M für den interessierenden Kennwert des Bremsabriebs zugeführt. Es wird davon ausgegangen, dass nach einer bestimmten Zeit nach dem Bremsen kein Bremsabrieb mehr vorhanden ist, weil der Bremsabrieb durch die Bewegung des Fahrzeugs und des Fahrzeugrades 1 vollständig aus dem Bereich des Fahrzeugrades 1 abgeführt worden ist. Deshalb kann über denselben Messkanal zu Zeiten an denen nicht gebremst wird, an derselben ersten Entnahmestelle 28 auch bremsabriebfreie Umgebungsluft abgesaugt und dem ersten Messgerät 10 zugeführt werden. Das erste Messgerät 10 erfasst dann die Messgröße K für den Kennwert für die Fremdpartikel in der bremsabriebfreien Umgebungsluft. Es muss lediglich ausreichend Zeit zwischen einem Bremsvorgang und der Messung der bremsabriebfreien Umgebungsluft gewartet werden, um die Messgröße K zu ermitteln. Nachdem sich die Belastung der Umgebungsluft durch Fremdpartikel nur langsam ändert. Kann eine vor einem Bremsvorgang durchgeführte Messung zur Bestimmung der Messgröße K des Kennwertes für die bremsabriebfreie Umgebungsluft herangezogen werden, um die Messgröße M der Messung des Kennwertes für das bremsabriebbeladene Aerosol zu korrigieren. Alternativ wird nach einer Bremsung gewartet bis der Bremsabrieb nicht mehr vorhanden ist und dann die Messung zur Bestimmung der Messgröße K des Kennwertes für die bremsabriebfreie Umgebungsluft durchgeführt, um damit die Messgröße M der Messung des Kennwertes für das bremsabriebbeladene Aerosol zu korrigieren.

Der Unterschied zwischen der Messung über zwei Messkanäle und einem Messkanal liegt somit auch darin, dass bei zwei Messkanälen die Messgrößen M, K zur gleichen Zeit erfasst werden, während das bei einem Messkanal nur sequentiell möglich ist. Die Messgröße K entspricht damit nicht exakt dem Zustand zum Zeitpunkt der Messung der Messgröße M, was aber trotzdem hinreichend genaue Messungen ermöglicht.

Das Prinzip der Messung mit einem Messkanal ist auch in Fig.5 veranschaulicht. Auf der Ordinate ist darin die erfasste Messgröße M, K des Kennwertes aufgetragen und auf der Abszisse die Zeit t.

Während einer Zeitspanne T_B wird gebremst und dabei die Messgröße M erfasst. Nach der Beendigung des Bremsvorganges nach der Zeitspanne T_B verschwindet der Bremsabrieb aus dem Bereich der Bremseinrichtung 2, sodass die Messgröße M abfällt. Nach einer, vorgegebenen oder gewählten, Wartezeit T_W kann angenommen werden, dass kein Bremsabrieb mehr vorhanden ist, sodass ab diesem Zeitpunkt die Messgröße K für die bremsabriebfreie Umgebungsluft erfasst wird. Diese Messgröße K kann laufend (während Zeiten in denen nicht gebremst wird) ermittelt werden oder kann einmal oder in bestimmten Zeitabständen (während Zeiten in denen nicht gebremst wird) wiederholt ermittelt werden und gespeichert werden. Bei der nächsten Bremsung zum Zeitpunkt t_1 wird wieder die Messgröße M für den Kennwert des Bremsabriebs im bremsabriebbeladenen Aerosol

erfasst. Die vorher (oder nachher) ermittelte Messgröße K für die bremsabtriebfreie Umgebungsluft wird dann zur Korrektur der Messgröße M verwendet, um die bereinigte Messgröße B (strichpunktierte Linie in Fig.4) des Kennwertes des Bremsabtriebs zu ermitteln. In dieser Messgröße B ist damit der Einfluss der Fremdpartikel (der mit der Messgröße K erfasst ist) reduziert oder eliminiert.

Aus Fig.5 erkennt man auch, dass die Messung durch das erste Messgerät 10 laufend erfolgen kann und dass man anhand der damit erfassten Messgröße, insbesondere an den Flankenanstiegen und Flankenabfällen, auch erkennen kann, beispielsweise in der Auswerteeinheit 15, ob gerade gebremst wird oder nicht. Somit kann auch erkannt werden, beispielsweise in der Auswerteeinheit 15, ob man gerade die Messgröße M für das bremsabtriebbeladene Aerosol oder die Messgröße K für die bremsabtriebfreie Umgebungsluft erfasst.

Es ist aber auch möglich, dass man aus Daten des Fahrzeugs selbst schließen kann, zu welchen Zeitpunkten ein Bremsvorgang stattfindet und zu welchen Zeitpunkten kein Bremsvorgang stattfindet. Solche Daten können beispielsweise aus Onboard Diagnosedaten des Fahrzeugs gewonnen werden, die über eine Fahrzeugdiagnoseschnittstelle oder aus einem Fahrzeugbus, über den Fahrzeugdaten gesendet werden, ausgelesen werden können. Auch damit kann man unterscheiden, ob mit einem ersten Messgerät 10 zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Messgröße M für den Kennwert des Bremsabtriebs im bremsabtriebbeladenen Aerosol oder eine Messgröße K für den Kennwert der Fremdpartikel in der bremsabtriebfreien Umgebungsluft gemessen wurde.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Kennwertes eines Bremsabriebs einer Bremseinrichtung (2) eines Fahrzeugrades (1), wobei bremsabriebbeladenes Aerosol im Bereich der Bremseinrichtung (2) einem ersten Messgerät (10) zugeführt wird und im ersten Messgerät (10) eine Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs erfasst wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** bremsabriebfreie Umgebungsluft aus dem Bereich des Fahrzeugrades (1) dem ersten Messgerät (10) oder einem zweiten Messgerät (20) zugeführt wird und im ersten Messgerät (10) oder zweiten Messgerät (20) aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine weitere Messgröße (K) für den Kennwert erfasst wird **und dass** die Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol mit der Messgröße (K) aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zu einer bereinigten Messgröße (B) korrigiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bereinigte Messgröße (B) aus einer vorgegebenen mathematischen Funktion der Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und der Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft gebildet wird, vorzugsweise als Subtraktion der Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und der Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das bremsabriebbeladene Aerosol dem ersten Messgerät (10) zur Erfassung der Messgröße (M) des Kennwertes aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol zugeführt wird und die bremsabriebfreie Umgebungsluft dem zweiten Messgerät (20) zur Erfassung der Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zugeführt wird und das bremsabriebbeladene Aerosol und die bremsabriebfreie Umgebungsluft an unterschiedlichen Stellen im Bereich des Fahrzeugrades (1) entnommen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messgröße (M) des Kennwertes aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und die Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft mit demselben ersten Messgerät (10) erfasst werden, wobei die Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol während einer Zeitspanne (TB) erfasst wird, in der mit der Bremseinrichtung (2) gebremst wird und die Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine vorgegebene Wartezeit (TW) nachdem mit der Bremseinrichtung (2) gebremst wurde oder zu einem Zeitpunkt bevor mit der Bremseinrichtung (2) gebremst wurde erfasst wird.

5. Messanordnung zur Bestimmung eines Kennwertes eines Bremsabriebs einer Bremseinrichtung (2) eines Fahrzeugrades (1), mit einem ersten Messgerät (10), das mit einer ersten Abführleitung (11) verbunden ist, um dem ersten Messgerät (10) bremsabriebbeladenes Aerosol aus einer ersten Entnahmestelle (28) im Bereich der Bremseinrichtung (2) zuzuführen und das erste Messgerät (10) vorgesehen ist, eine Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs zu erfassen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Abführleitung (11) dem ersten Messgerät (10) bremsabriebfreie Umgebungsluft aus der ersten Entnahmestelle (28) im Bereich der Bremseinrichtung (2) zuführt oder in der Messanordnung (27) ein zweites Messgerät (20) vorgesehen ist, das mit einer zweiten Abführleitung (21) verbunden ist, um dem zweiten Messgerät (20) bremsabriebfreie Umgebungsluft aus einer zweiten Entnahmestelle (29) im Bereich der Bremseinrichtung (2) zuzuführen, **dass** das erste Messgerät (10) oder das zweite Messgerät (20) vorgesehen ist, aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine weitere Messgröße (K) für den Kennwert zu erfassen **und dass** in der Messanordnung (27) eine Auswerteeinheit (15) vorgesehen ist, die ausgestaltet ist, die Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol mit der weiteren Messgröße (K) für den Kennwert aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zu einer bereinigten Messgröße (B) zu korrigieren.
6. Messanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messanordnung (27) das zweite Messgerät (20) vorgesehen ist und die zweite Entnahmestelle (29) im Bereich der Bremseinrichtung (2) zur Entnahme von bremsabriebfreier Umgebungsluft unterschiedlich zur ersten Entnahmestelle (28) zur Entnahme von bremsabriebbeladenem Aerosol ist.
7. Messanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur ein erstes Messgerät (10) vorgesehen ist, das während einer Zeitspanne (TB), in der die Bremseinrichtung (2) bremst, aus der ersten Entnahmestelle (28) bremsabriebbeladenes Aerosol erhält und das erste Messgerät (10) nach einer vorgegebenen Wartezeit (TW) nach der Bremsung mit der Bremseinrichtung (2) oder zu einem Zeitpunkt vor der Bremsung mit der Bremseinrichtung (2) aus der ersten Entnahmestelle (28) bremsabriebfreier Umgebungsluft erhält.



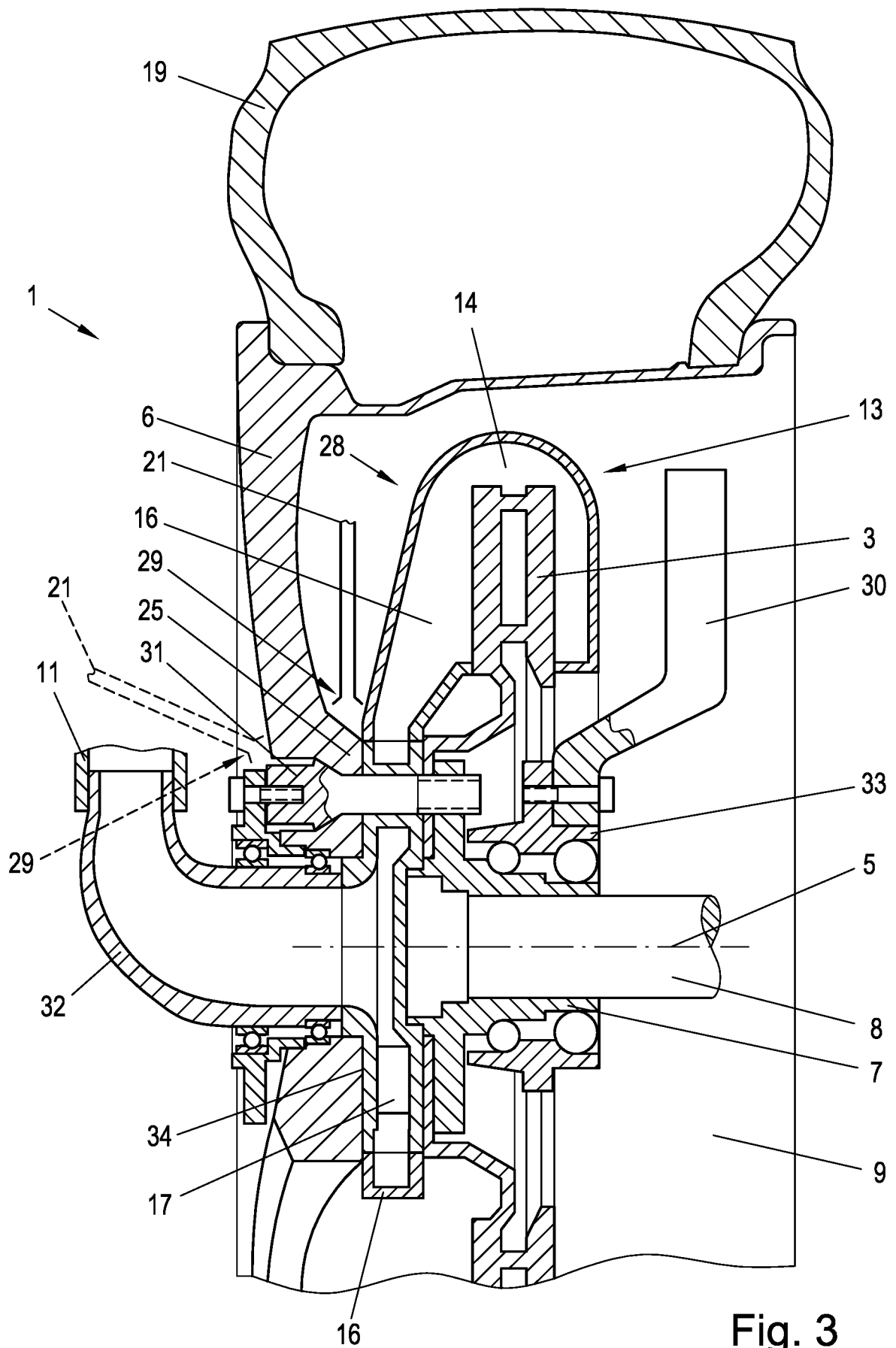


Fig. 3

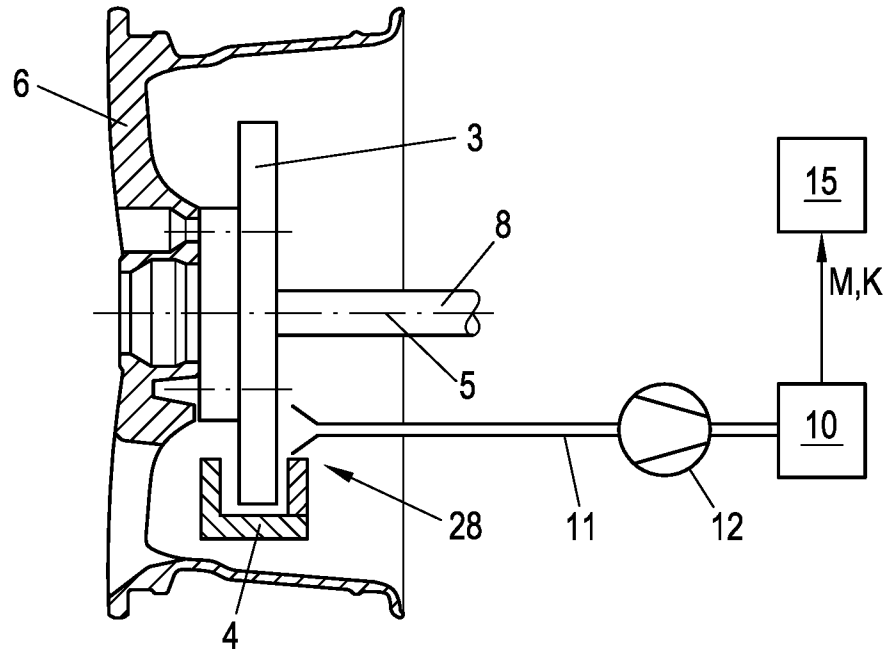


Fig. 4

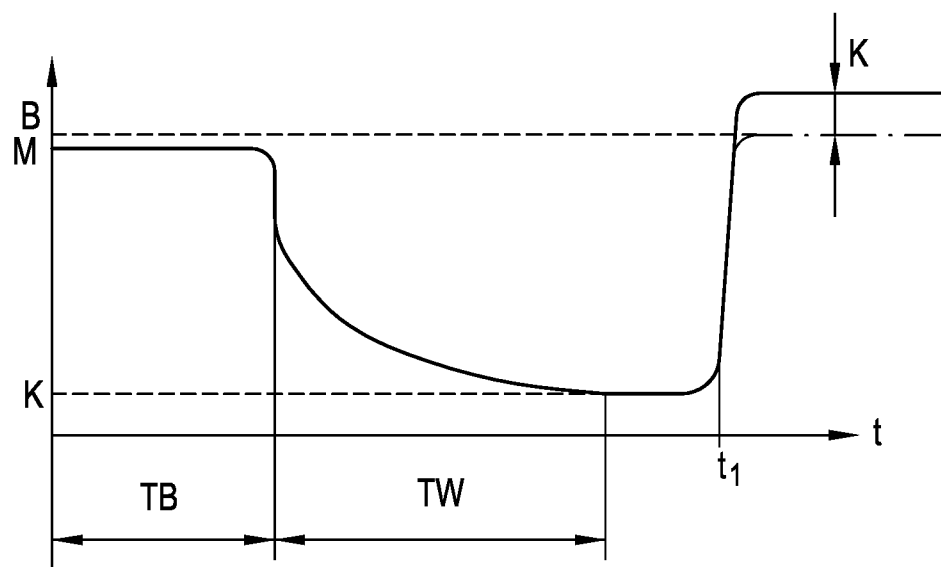


Fig. 5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Kennwertes eines Bremsabriebs einer Bremseinrichtung (2) eines Fahrzeugrades (1), wobei bremsabriebbeladenes Aerosol im Bereich der Bremseinrichtung (2) einem ersten Messgerät (10) zugeführt wird und im ersten Messgerät (10) eine Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs erfasst wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** bremsabriebfreie Umgebungsluft aus dem Bereich des Fahrzeugrades (1) dem ersten Messgerät (10) oder einem zweiten Messgerät (20) zugeführt wird und im ersten Messgerät (10) oder zweiten Messgerät (20) aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine weitere Messgröße (K) für den Kennwert erfasst wird **und dass** die Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol mit der Messgröße (K) aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zu einer bereinigten Messgröße (B) korrigiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bereinigte Messgröße (B) aus einer vorgegebenen mathematischen Funktion der Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und der Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft gebildet wird, vorzugsweise als Subtraktion der Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und der Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das bremsabriebbeladene Aerosol dem ersten Messgerät (10) zur Erfassung der Messgröße (M) des Kennwertes aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol zugeführt wird und die bremsabriebfreie Umgebungsluft dem zweiten Messgerät (20) zur Erfassung der Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zugeführt wird und das bremsabriebbeladene Aerosol und die bremsabriebfreie Umgebungsluft an unterschiedlichen Stellen im Bereich des Fahrzeugrades (1) entnommen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messgröße (M) des Kennwertes aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol und die Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft mit demselben ersten Messgerät (10) erfasst werden, wobei die Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol während einer Zeitspanne (TB) erfasst wird, in der mit der Bremseinrichtung (2) gebremst wird und die Messgröße (K) des Kennwertes aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine vorgegebene Wartezeit (TW) nachdem mit der Bremseinrichtung (2) gebremst wurde oder zu einem Zeitpunkt bevor mit der Bremseinrichtung (2) gebremst wurde erfasst wird.

5. Messanordnung zur Bestimmung eines Kennwertes eines Bremsabriebs einer Bremseinrichtung (2) eines Fahrzeugrades (1), mit einem ersten Messgerät (10), das mit einer ersten Abführleitung (11) verbunden ist, um dem ersten Messgerät (10) bremsabriebbeladenes Aerosol aus einer ersten Entnahmestelle (28) im Bereich der Bremseinrichtung (2) zuzuführen und das erste Messgerät (10) vorgesehen ist, eine Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs zu erfassen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Abführleitung (11) dem ersten Messgerät (10) bremsabriebfreie Umgebungsluft aus der ersten Entnahmestelle (28) im Bereich der Bremseinrichtung (2) zuführt oder in der Messanordnung (27) ein zweites Messgerät (20) vorgesehen ist, das mit einer zweiten Abführleitung (21) verbunden ist, um dem zweiten Messgerät (20) bremsabriebfreie Umgebungsluft aus einer zweiten Entnahmestelle (29) im Bereich der Bremseinrichtung (2) zuzuführen, **dass** das erste Messgerät (10) oder das zweite Messgerät (20) vorgesehen ist, aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft eine weitere Messgröße (K) für den Kennwert zu erfassen **und dass** in der Messanordnung (27) eine Auswerteeinheit (15) vorgesehen ist, die ausgestaltet ist, die Messgröße (M) des Kennwertes des Bremsabriebs aus dem bremsabriebbeladenen Aerosol mit der weiteren Messgröße (K) für den Kennwert aus der bremsabriebfreien Umgebungsluft zu einer bereinigten Messgröße (B) zu korrigieren.

6. Messanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messanordnung (27) das zweite Messgerät (20) vorgesehen ist und die zweite Entnahmestelle (29) im Bereich der Bremseinrichtung (2) zur Entnahme von bremsabriebfreier Umgebungsluft unterschiedlich zur ersten Entnahmestelle (28) zur Entnahme von bremsabriebbeladenem Aerosol ist.

7. Messanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur ein erstes Messgerät (10) vorgesehen ist, das während einer Zeitspanne (TB), in der die Bremseinrichtung (2) bremst, aus der ersten Entnahmestelle (28) bremsabriebbeladenes Aerosol erhält und das erste Messgerät (10) nach einer vorgegebenen Wartezeit (TW) nach der Bremsung mit der Bremseinrichtung (2) oder zu einem Zeitpunkt vor der Bremsung mit der Bremseinrichtung (2) aus der ersten Entnahmestelle (28) bremsabriebfreier Umgebungsluft erhält.