

(19)



(11)

EP 4 549 282 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.05.2025 Patentblatt 2025/19

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61K 9/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23206928.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61K 9/08

(22) Anmeldetag: **31.10.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

(72) Erfinder: **Haber, Jad**
13409 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **MESSEINRICHTUNG FÜR EIN SCHIENENFAHRZEUG UND VERFAHREN ZUR FAHRZEUGSEITIGEN ERMITTLUNG WENIGSTENS EINES KENNWERTS**

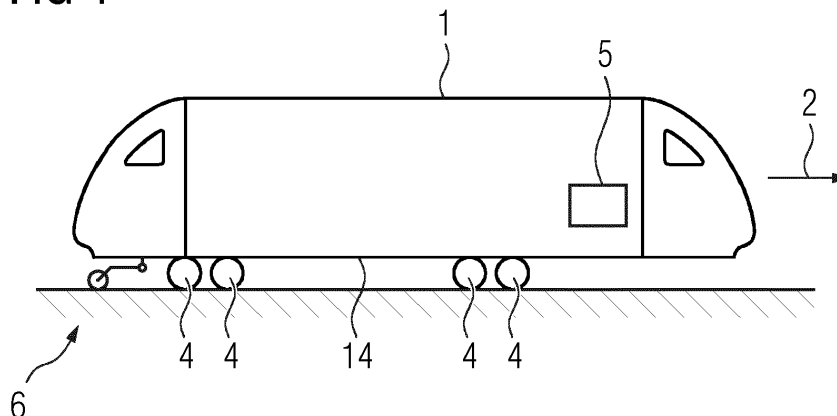
(57) Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung (6) für ein Schienenfahrzeug (1) zur fahrzeugseitigen Ermittlung wenigstens eines Kennwerts für eine Griffigkeit einer Fahrstrecke (3) während der Fahrt, mit wenigstens einem Messrad (7), das zum Kontaktieren der Fahrstrecke (3) ausgebildet ist, mit wenigstens einer mit dem Messrad (7) in dessen Drehachse (12) verbundenen Radaufhängung (8), die zum Befestigen am Schienenfahrzeug (1) und zum Herstellen einer gelenkigen Verbindung zwischen Schienenfahrzeug (1) und Messrad (7) ausgebildet ist, mit wenigstens einem Druckmittel (10), das zum Erzeugen einer im Wesentlichen konstanten Andruckkraft des Messrads (7) gegen die Fahrstrecke (3) während der Messung ausgebildet ist, mit wenigstens einer Brems-

einrichtung (11), die zum Erzeugen eines auf das Messrad (7) wirkenden im Wesentlichen konstanten Bremsmoments während der Messung ausgebildet ist, und mit wenigstens einer Sensoreinrichtung (9), die zum Erfassen wenigstens eines für die Rotation des Messrads (7) relativ zur Radaufhängung (8) repräsentativen Messwerts ausgebildet ist.

Die erfindungsgemäße Messeinrichtung (6) hat den Vorteil, dass durch sie ein aktueller Kennwert für das Schienenfahrzeug (1) automatisch ermittelt werden kann.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur fahrzeugseitigen Ermittlung wenigstens eines Kennwerts für eine Griffigkeit einer Fahrstrecke (3).

FIG 1



EP 4 549 282 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung für ein Schienenfahrzeug zur fahrzeugseitigen Ermittlung wenigstens eines Kennwerts für eine Griffigkeit einer Fahrstrecke während der Fahrt und weiterhin ein Verfahren zur Ermittlung eines solchen Kennwerts.

[0002] Die Griffigkeit einer Fahrstrecke, die auch als Adhäsion bezeichnet wird, bezieht sich auf eine Reibung zwischen einer Schiene der Fahrstrecke und dem Rad des Schienenfahrzeugs. Durch diese Reibung ist es dem Schienenfahrzeug möglich, zu beschleunigen oder zu bremsen. Wenn nicht genügend Griffigkeit bzw. Adhäsion vorhanden ist, drehen die Räder beim Beschleunigen durch bzw. schleudern oder blockieren bzw. gleiten beim Bremsen. Hierdurch verliert das Schienenfahrzeug Traktionskraft oder Bremskraft und verursacht bzw. erhöht eine Abnutzung oder Beschädigung von Rad und Schiene. Das Durchdrehen oder Blockieren der Räder bei der Beschleunigung und Bremsung wird durch Systeme wie Gleitschutz und Schleuderschutz beobachtet und verhindert, sogenannte WSP-Systeme (Wheel Slide Protection System). Allerdings wird der Energieverlust vor dem Gleiten oder Blockieren der Räder nicht verhindert, wenn das Fahrverhalten des Fahrers die Adhäsion nicht berücksichtigt. Die WSP-Systeme reagieren somit nur, beugen aber nicht vor.

[0003] Die Griffigkeit der Fahrstrecke kann neben den Materialeigenschaften durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst sein, wie beispielsweise wetterbedingte Feuchtigkeit oder Vereisung, auf den Gleisen befindliche rutschige Blätter (beispielsweise im Herbst), der Zustand der Gleise bzw. Räder und auch das Gewicht des Schienenfahrzeugs. Daher ist es wichtig, die sich ändernde Griffigkeit zu beobachten und zu berücksichtigen, um einen sicheren und effektiven Zugverkehr zu gewährleisten.

[0004] Im manuellen Zugbetrieb, bei dem ein Triebfahrzeugführer oder anderes Personal volle Kontrolle über das Schienenfahrzeug haben, müssen sich diese der Griffigkeit der Fahrstrecke bewusst sein und das Schienenfahrzeug entsprechend steuern. Wenn die Griffigkeit beispielsweise durch feuchte oder eisige Wetterbedingungen gering ist, reduziert der Triebfahrzeugführer gegebenenfalls die Geschwindigkeit und erhöhen einen Bremsabstand, um ein Rutschen der Räder zu verhindern. Die Bewertung der Griffigkeit der Fahrstrecke basiert hierbei auf den Erfahrungen und dem optischen Eindruck der Triebfahrzeugführer.

[0005] Im zukünftigen Schienenverkehr wird sich der Automatisierungsgrad erhöhen, so dass Triebfahrzeugführer und Personal weniger oder gar keine Verantwortung und Einfluss auf die Steuerung des Schienenfahrzeugs haben. Bereits ab einem Automatisierungsgrad (Grade Of Automation - GOA) 2 und höher, bei dem beispielsweise eine ATO-Einrichtung (Automatic Train Operation) für eine automatische Steuerung des Schienenfahrzeugs zum Einsatz kommt, wird die Beschleuni-

gung und das Bremsen des Schienenfahrzeugs durch die ATO-Einrichtung und nur noch unter der Überwachung des Triebfahrzeugführers durchgeführt. Für die ATO-Einrichtung und generell für ein automatisiert betriebenes Schienenfahrzeug ist die Berücksichtigung eines Kennwerts für die Griffigkeit der Fahrstrecke wichtig, um eine energieeffiziente Fahrkurve zu berechnen, den Fahrplan einzuhalten und den Verschleiß von Rädern und Schiene gering zu halten.

[0006] Auch in der bekannten Eisenbahnstandardisierung sind verschiedene Quellen benannt, woher ein Kennwert für die aktuelle Griffigkeit der Fahrstrecke kommen kann. Diese sind wie folgt:

Ein solcher Kennwert kann über eine Schnittstelle für eine Funkverbindung zu einer streckenseitigen ATO-Ausrüstung zum Schienenfahrzeug gelangen.

[0007] Ein Kennwert für die Griffigkeit kann über eine veränderte Geschwindigkeitsvorgabe, die durch geringe Griffigkeit begründet ist, von einem Zugsteuerungssystem wie z.B. ETCS (European Train Control System) kommen.

[0008] Ein Griffigkeitskennwert kann vom Triebfahrzeugführer am Schienenfahrzeug manuell eingegeben werden, beispielsweise über das ETCS-Bedienpanel oder über separate Hardwareknöpfe innerhalb des Führerstandes.

[0009] Die ersten zwei Adhäsionsquellen stammen aus einer streckenseitigen Information (aus dem Traffic Management System oder aus der streckenseitige ETCS Ausrüstung - ETCS-TS), die nur eine aktuelle Information liefern kann, wenn die gesamte Strecke ständig für Adhäsion überwacht wird. Das könnte über eine häufig befahrene Strecke erfolgen. Allerdings hätte z.B. das erste Fahrzeug nach einem Sturm in einer ländlichen Region die aktuelle Adhäsion erst zu spät verfügbar, weil die Strecke die Adhäsionsinformation noch nicht kennt. Bezüglich des dritten Punkts ist die Adhäsionseingabe durch den Triebfahrzeugführer nur möglich, wenn der Triebfahrzeugführer am Bord ist. Dies ist bei höheren Automatisierungsgraden nicht der Fall. Ist der Kennwert für die Griffigkeit in der ATO höher als die tatsächliche Griffigkeit, erzeugt das Fahrzeug mehr Traktionskraft als nötig, so dass es zu Energieverlusten kommt. Wenn auf der anderen Seite der eingegebene Adhäsionskennwert geringer als die aktuelle Griffigkeit der Fahrstrecke ist und die ATO-Einrichtung einem eher konservativen Ansatz folgt, hat das Schienenfahrzeug Schwierigkeiten den Fahrplan einzuhalten, da zu vorsichtig beschleunigt und gebremst wird. Daher ist ein möglichst genauer Kennwert für die aktuelle Griffigkeit der Fahrstrecke des Schienenfahrzeugs wünschenswert.

[0010] Dies gilt vor allem auch bei Automatisierungsgraden (GOA) 3 und 4, bei dem die ATO-Steuerung die volle Verantwortlichkeit für die Steuerung des Zuges hat und bei GOA 4 kein Personal an Bord ist. Bei diesen Automatisierungsgraden ist somit die manuelle Eingabe eines Kennwerts für die Griffigkeit der Fahrstrecke durch den Triebfahrzeugführer nicht mehr möglich und trotz-

dem ist ein genauer Kennwert für die Griffigkeit wünschenswert.

[0011] Zwar gibt es auch bekannte Systeme für Schienenfahrzeuge, die den Schlupf verhindern sollen, wie die oben genannten WSP-Systeme (Wheel Slide Protection System). Aber diese Systeme ermitteln nicht die Griffigkeit der Fahrstrecke als Wert für die Optimierung der Fahrt, sondern das Durchdrehen bzw. Blockieren der Antriebsräder des Schienenfahrzeugs. Solche Systeme sind beispielsweise beschrieben in "MANAGING LOW ADHESION", AWG Manual, 6. Ausgabe, Januar 2018.

[0012] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Messeinrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, durch die ein zuverlässiger Kennwert für eine Griffigkeit der Fahrstrecke eines Schienenfahrzeugs ermittelt werden kann.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Messeinrichtung für ein Schienenfahrzeug zur fahrzeugseitigen Ermittlung wenigstens eines Kennwerts für eine Griffigkeit einer Fahrstrecke während der Fahrt,

mit wenigstens einem Messrad, das zum Kontaktieren der Fahrstrecke ausgebildet ist,

mit wenigstens einer mit dem Messrad in dessen Drehachse verbundenen Radaufhängung, die zum Befestigen am Schienenfahrzeug und zum Herstellen einer gelenkigen Verbindung zwischen Schienenfahrzeug und Messrad ausgebildet ist,

mit wenigstens einem Druckmittel, das zum Erzeugen einer im Wesentlichen konstanten Andruckkraft des Messrads gegen die Fahrstrecke während der Messung ausgebildet ist,

mit wenigstens einer Bremsvorrichtung, die zum Erzeugen eines auf das Messrad wirkenden im Wesentlichen konstanten Bremsmoments während der Messung ausgebildet ist, und mit wenigstens einer Sensoreinrichtung, die zum Erfassen wenigstens eines für die Rotation des Messrades relativ zur Radaufhängung repräsentativen Messwerts ausgebildet ist.

[0014] Weiterhin wird diese Aufgabe gelöst durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur fahrzeugseitigen Ermittlung wenigstens eines Kennwerts für eine Griffigkeit einer Fahrstrecke des Schienenfahrzeugs während der Fahrt eines Schienenfahrzeugs, bei dem wenigstens ein Messrad einer Messeinrichtung in Kontakt mit der Fahrstrecke gebracht wird,

bei dem mittels der Messeinrichtung eine im Wesentlichen konstante Andruckkraft des Messrades gegen die Fahrstrecke erzeugt wird,

bei dem mittels der Messeinrichtung ein auf das Messrad wirkendes im Wesentlichen konstantes Bremsmoment erzeugt wird und

bei dem mittels einer Sensoreinrichtung wenigstens ein für die Rotation des Messrades repräsentativer

Messwert ermittelt wird, wobei unter Berücksichtigung des Messwerts der Kennwert ermittelt wird und die Messeinrichtung eine Radaufhängung umfasst, die in einer Drehachse mit dem Messrad verbunden ist, die zum Befestigen am Schienenfahrzeug und zum Herstellen einer gelenkigen Verbindung zwischen Schienenfahrzeug und Messrad ausgebildet ist.

[0015] Die erfindungsgemäße Lösung hat den Vorteil, dass der Kennwert für die Griffigkeit vor Ort am Schienenfahrzeug ermittelt wird und jederzeit aktualisiert werden kann. Dadurch kann auch eine sich schnell verändernde Griffigkeit der Fahrstrecke während der Fahrt, beispielsweise durch Blitzeis oder spontanen Starkregen, sofort ermittelt und berücksichtigt werden.

[0016] Bei der erfindungsgemäßen Messvorrichtung wird das Messrad verwendet, um einen direkten Kontakt mit der Fahrstrecke herzustellen. Mittels der Radaufhängung wird das Messrad gehalten und so am Schienenfahrzeug befestigt, dass durch die gelenkige Anbindung des Messrades eine Entkopplung zum Schienenfahrzeug realisiert ist. So kann mittels des Druckmittels die Andruckkraft aufgebracht und das Messrad gegen die Fahrstrecke gedrückt werden. Um zumindest ein leichtes Abbremsen des Messrades auf der Fahrstrecke zu erzeugen, ist die Bremsvorrichtung vorgesehen, die das auf das Messrad während der Messung wirkende Bremsmoment erzeugt. Schließlich erfasst die Sensoreinrichtung erfindungsgemäß einen für die Rotation des Messrades repräsentativen Messwert, durch den anschließend im Vergleich zur Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs oder eines dafür repräsentativen Werts der Kennwert für die Griffigkeit der Fahrstrecke ermittelt werden kann.

[0017] Die erfindungsgemäße Lösung kann durch vorteilhafte Ausgestaltungen weiterentwickelt werden, die im Folgenden beschrieben sind.

[0018] So kann die Messeinrichtung wenigstens eine Recheneinrichtung aufweisen, die unter Berücksichtigung des Messwerts der Sensoreinrichtung den Kennwert für die Griffigkeit ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass durch die Recheneinrichtung der Kennwert für die Griffigkeit direkt von der Messeinrichtung ermittelt wird und nicht durch eine zur Messeinrichtung externe Einheit, die sich beispielsweise im Fahrzeugrechner befindet. Ferner kann die Recheneinheit ausgebildet sein, den Kennwert unter Berücksichtigung eines Werts für die Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs während der Messung zu ermitteln. Dies hat den Vorteil, dass so der Kennwert besonders einfach ermittelbar ist, da die Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs üblicherweise bereits bekannt ist.

[0019] Um eine einfache Datenübermittlung zwischen Messeinrichtung und Schienenfahrzeug zu gewährleisten, kann die Messeinrichtung wenigstens eine Fahrzeugschnittstelle aufweisen, mit der die Messeinrichtung mit dem Schienenfahrzeug, insbesondere mit einer ATO-

Einrichtung und/oder einem Fahrzeugbus des Schienenfahrzeugs, verbindbar ausgebildet ist.

[0020] In einer vorteilhaften Weiterbildung kann das Messrad am Umfang aus einem Material, insbesondere aus einem synthetischen Material, bestehen, das einen höheren Reibwertkoeffizienten als die Räder des Schienenfahrzeugs aufweist. Dies hat den Vorteil, dass hierdurch eine zuverlässige Messung zustande kommt, weil das Messrad eine höhere Griffigkeit zur Fahrstrecke aufweist als das Stahlrad des Schienenfahrzeugs. Selbstverständlich kann auch das gesamte Messrad bzw. ein Großteil des Messrads aus diesem Material bestehen. Dies hat den Vorteil, dass sich das Messrad während der Messung stärker verformen kann als das Stahlrad des Schienenfahrzeugs. Durch diese Verformung wird ein messbarer Unterschied in der Rotation verursacht, aus dem ein Kennwert für die Griffigkeit bestimmt werden kann. Das Material kann beispielsweise ein Gummi oder ein gummiähnliches Material sein.

[0021] Um einen einfachen Aufbau der Messeinrichtung zu realisieren, kann das Druckmittel mit der Radaufhängung im Eingriff sein und insbesondere als ein Servomotor ausgebildet sein. Alternativ zum Servomotor könnte beispielsweise auch ein großes Gewicht die Radaufhängung an geeigneter Stelle belasten und nach unten drücken oder eine Feder-Dämpfer-Einheit, die die Drehachse des Messrades mittels der Radaufhängung nach unten drückt. Die Ausgestaltung als Servomotor, der beispielsweise im Gelenk der Radaufhängung angeordnet ist, hat den Vorteil, dass hierdurch zum Einen die Andruckkraft des Messrads erzeugt werden kann und zum Anderen auch eine verschleißbedingte Winkeländerung im Drehpunkt der Radaufhängung erfasst werden könnte.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die Bremseinrichtung an der Radaufhängung befestigt sein und wenigstens einen Bremsbelag umfassen. Dies hat den Vorteil, dass so eine einfache Konstruktion realisiert werden kann. Der Bremsbelag kann beispielsweise abgestützt an der Radaufhängung gegen das Messrad drücken, um das Bremsmoment zu erzeugen.

[0023] Um einen Verschleiß des Messrades zu begrenzen, kann die Messeinrichtung wenigstens eine Aktivierungseinrichtung aufweisen, die zum Bewegen des Messrads von einer Ruheposition ohne Kontakt zur Fahrstrecke in eine Messposition mit Kontakt zur Fahrstrecke ausgebildet ist. Eine solche Aktivierungseinrichtung kann beispielsweise durch einen Servomotor realisiert werden, der gleichzeitig auch andere Aufgaben übernehmen kann, beispielsweise das Aufbringen der Andruckkraft wie oben bereits genannt. Andere Ausgestaltungen wie beispielsweise durch einen Pneumatik Zylinder sind selbstverständlich ebenfalls möglich. Da die Ermittlung des Kennwerts für die Griffigkeit gegebenenfalls nicht permanent erforderlich ist, kann durch diese Ausgestaltung der Verschleiß des Messrades erheblich reduziert werden.

[0024] Ferner kann die Messeinrichtung, insbesondere die Bremseinrichtung und das Druckmittel, so ausgebildet sein, dass das Messrad bei der Messung gebremst wird, aber nicht vollständig blockiert. Dies hat den Vorteil, dass der erfasste Messwert eine hohe Aussagekraft hat.

[0025] Die Erfindung betrifft weiterhin auch ein Schienenfahrzeug, das erfindungsgemäß eine Messeinrichtung nach einer der zuvor genannten Ausführungsformen umfasst.

[0026] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs, das wenigstens eine ATO-Einrichtung aufweist, die zum automatisierten Steuern des Schienenfahrzeugs ausgebildet ist, kann die ATO-Einrichtung zum Steuern des Schienenfahrzeugs unter Berücksichtigung des Kennwerts ausgebildet sein. Dies hat den Vorteil, dass die ATO-Einrichtung hierdurch das Schienenfahrzeug besonders effektiv steuern kann und trotzdem an die aktuelle Griffigkeit der Fahrstrecke angepasst ist.

[0027] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann bei der Ermittlung des Kennwerts ein Wert für die Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs während der Messung berücksichtigt werden. Dies hat den Vorteil, dass so der Kennwert auf einfache Weise berechnet werden kann und die Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs in diesem üblicherweise bekannt ist und nicht erst ermittelt werden muss.

[0028] Ferner kann jeweils ein Wert für einen Reibungskoeffizienten der Messrad-Fahrstrecken-Verbindung und ein Wert für einen relativen Messrad-Schlupf ermittelt werden und diese Werte bei der Ermittlung des Kennwerts so berücksichtigt werden, dass sie mit bekannten Werten für bekannte Griffigkeiten verglichen werden. Dies hat den Vorteil, dass so zuverlässig der Kennwert für die Griffigkeit ermittelt werden kann.

[0029] Im Folgenden wird die Erfindung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen und den darin gezeigten beispielhaften Ausführungsformen erläutert.

[0030] Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs mit einer erfindungsgemäßen Messeinrichtung;

Figur 2 eine vergrößerte schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Messeinrichtung aus Figur 1;

Figur 3 eine schematische Darstellung eines μ - λ Diagramms, das von der Messeinrichtung aus den Figuren 1 und 2 verwendet wird.

[0031] Im Folgenden wird die Erfindung mit Bezug auf die beispielhafte Ausführungsform in den Figuren 1 bis 3 erläutert.

[0032] Ein Schienenfahrzeug 1 fährt in einer Fahrtrichtung 2 auf einer Fahrstrecke 3, wie es in Figur 1

dargestellt ist. Das Schienenfahrzeug 1 ist beispielsweise eine Lokomotive, ein Hochgeschwindigkeitszug, eine S-Bahn, eine U-Bahn, eine Straßenbahn oder ähnliches. Die Fahrstrecke 3 ist in üblicher Weise aus parallel verlegten Stahlschienen ausgebildet, auf denen das Schienenfahrzeug 1 mit seinen Rädern 4 fährt.

[0033] Die Räder 4 des Schienenfahrzeugs 1 sind in üblicher Weise aus Stahl hergestellt, so wie auch die Schienen der Fahrstrecke 3 aus Stahl sind. Bei der Verbindung zwischen Schienenfahrzeug 1 und Fahrstrecke 3 handelt es sich somit um einen Stahl-Stahl-Kontakt oder Metall-Metall-Kontakt zwischen Rädern 4 und Fahrstrecke 3. Diese Verbindung zwischen Schienenfahrzeug 1 und Fahrstrecke 3 hat sich historisch etabliert, auch wenn ihr Reibungsverhalten im Kontaktbericht gegenüber anderen Materialkombinationen schlechter ist.

[0034] Zusätzlich wird das Reibungsverhalten im Kontaktbereich zwischen Schienenfahrzeug 1 und Fahrstrecke 3 auch durch äußere Einflüsse, wie beispielsweise wetterbedingte Feuchtigkeit oder Eis beeinträchtigt. Hierdurch verändert sich eine Griffigkeit der Fahrstrecke 3, die manchmal auch als Adhäsion bezeichnet wird. Diese Griffigkeit der Fahrstrecke 3 hat Einfluss auf das Verhalten des Schienenfahrzeugs 1 beim Beschleunigen und auch beim Abbremsen. Bei einer geringen Griffigkeit der Fahrstrecke 3 können die Räder 4 beim Beschleunigen durchdrehen und beim Abbremsen blockieren. Dabei tritt eine Gleitreibung auf, deren Reibungskoeffizient geringer ist als der einer Haftreibung, die ohne Schlupf vorherrscht.

[0035] Es ist von Vorteil, ein Durchdrehen bzw. Blockieren der Räder 4 zu vermeiden, da ansonsten weniger Traktion bzw. weniger Abbremsung des Schienenfahrzeugs 1 stattfindet.

[0036] Im Stand der Technik wird ein Kennwert für die Griffigkeit der Fahrstrecke 3 von einem Triebfahrzeugführer in die Fahrzeugsteuerung eingegeben, die der Triebfahrzeugführer durch seinen Eindruck von der Fahrstrecke und seiner Erfahrung ermittelte. Zukünftige Schienenfahrzeuge 1 werden immer häufiger autonom betrieben werden, d.h. ohne Triebfahrzeugführer.

[0037] Das Schienenfahrzeug 1 in der in den Figuren dargestellten beispielhaften Ausführungsform weist keinen Triebfahrzeugführer auf, sondern ist mit einer ATO-Einrichtung 5 ausgestattet, die das Schienenfahrzeug 1 automatisch steuert. Das erfindungsgemäße Schienenfahrzeug 1 umfasst eine erfindungsgemäße Messeinrichtung 6, durch die der Kennwert für die Griffigkeit der Fahrstrecke 3 automatisch ermittelt wird.

[0038] Die Messeinrichtung 6, die in Figur 2 vergrößert dargestellt ist, umfasst ein Messrad 7, eine Radaufhängung 8, ein Druckmittel 10, eine Bremseinrichtung 11 und eine Sensoreinrichtung 9.

[0039] Das Messrad 7 ist zumindest an seinem Umfang aus einem synthetischen gummiartigen Material hergestellt, dessen Reibwertkoeffizient höher ist als der Reibwertkoeffizient der Räder 4. Bei einer Messung der Messeinrichtung 6 kontaktiert das Messrad 7 an

seinem Umfang die Schiene der Fahrstrecke 3. In seiner Drehachse 12 ist das Messrad 7 mit der Radaufhängung 8 verbunden.

[0040] Die Radaufhängung 8 umfasst eine Anbaueinheit 13, mit der sie im Wesentlichen starr mit dem Unterboden 14 des Schienenfahrzeugs 1 verbunden ist. Die Verbindung zum Schienenfahrzeug 1 kann in üblicher Weise als Schraubverbindung ausgeführt sein. Ferner umfasst die Radaufhängung eine Hebeleinheit 15, die in einem Drehgelenk 16 mit der Anbaueinheit 13 verbunden ist. Auf der anderen Seite ist die Hebeleinheit 15 im Bereich der Drehachse 12 mit dem Messrad 7 verbunden.

[0041] Das Druckmittel 10 ist am Drehgelenk 16 der Radaufhängung angeordnet und bei der beispielhaften Ausführungsform in Figur 2 als ein Servomotor ausgebildet, der ein Moment M_p auf die Hebeleinheit 15 ausübt. Der Servomotor hat hier gleichzeitig auch die Funktion einer Aktivierungseinrichtung, die zum Bewegen des Messrads von einer Ruheposition ohne Kontakt zur Fahrstrecke in eine Messposition mit Kontakt zur Fahrstrecke während der Messung ausgebildet ist. So kann der Verschleiß des Messrads 7 reduziert werden.

[0042] Die Bremseinrichtung 11 ist an der Hebeleinheit 15 befestigt und übt während der Messung ein im Wesentlichen konstantes Bremsmoment T_b auf das Messrad 7 aus.

[0043] Die Messung mit der erfindungsgemäßen Messeinrichtung 6 läuft während der Fahrt des Schienenfahrzeugs 1 wie folgt ab:

Das Messrad 7 kontaktiert die Fahrstrecke 3 und dreht sich bedingt durch die Reibung zwischen Messrad 7 und Fahrstrecke 3 mit. Das Druckmittel 10 erzeugt über die Hebeleinheit 15 mit der Hebellänge d eine im Wesentlichen konstante Andruckkraft F_z des Messrads 7 gegen die Fahrstrecke 3. Die Sensoreinrichtung 9 umfasst bei der beispielhaften Ausführungsform in Figur 2 wenigstens einen Rotationssensor, hier einen Wegimpulsgeber (nicht dargestellt), der die Rotation des Messrads 7 um seine Drehachse 12 ermittelt. Durch die durch die Sensoreinrichtung 9 sehr genau ermittelte Rotation kann ein Abbremsen des Messrads 7 ermittelt werden, auch wenn es nur sehr klein sein sollte. So kann beispielsweise ein Vergleich mit einem nicht gebremsten Rad, wie z.B. dem Rad 4 des Schienenfahrzeugs 1, oder mit der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 1 angestellt werden.

[0044] Die Messeinrichtung 6 umfasst auch eine Recheneinrichtung 17. Diese weist wenigstens eine Fahrzeugschnittstelle (nicht dargestellt) auf, die mit der ATO-Einrichtung 5 verbunden ist. Über diese Schnittstelle empfängt die Recheneinrichtung 17 die Geschwindigkeit v des Schienenfahrzeugs 1, das der ATO-Einrichtung 5 vorliegt. Alternativ könnte die Recheneinrichtung 17 die Geschwindigkeit v auch über eine Schnittstelle zum Fahrzeugbus des Schienenfahrzeugs 1 empfangen, über den die Geschwindigkeit v ebenfalls verfügbar ist.

[0045] Um einen Reibwertkoeffizienten μ für die Verbindung des Messrads 7 zur Fahrstrecke 3 leichter be-

rechnen zu können, wird bei der erfindungsgemäßen Einrichtung 6 ein zeitweises Abbremsen des Messrades 7 durch das Bremsmoment T_b provoziert. Das durch die Bremseinrichtung 11 erzeugte Bremsmoment T_b ist erfindungsgemäß so eingestellt, dass lediglich ein zeitweises leichtes Abbremsen des Messrades 7 erzeugt wird, ohne dass das Messrad 7 komplett blockiert.

[0046] Mit den Messwerten der Sensoreinrichtung 9 und den übrigen bekannten Parametern der Messeinrichtung 6 kann Folgendes nach bekannten Zusammenhängen berechnet werden:

$$\text{Formel 1: } I_W \dot{\omega} = r F_x - T_b$$

$$\text{Formel 2: } F_x = F_z \cdot \mu(\lambda)$$

[0047] Hierbei sind:

- I_W : Trägheitsmoment des Messrads 7
- r : Radius des Messrads 7
- $\dot{\omega}$: Winkelgeschwindigkeit des Messrads 7
- F_x : Reibkraft des Messrads 7
- F_z : Andruckkraft des Messrads 7
- v : Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 1
- T_b : Bremsmoment des Messrads 7
- μ : Rad-Schiene Reibkoeffizient
- λ : relativer Schlupf des Messrads 7

[0048] Da das Messrad 7 relativ klein ist, kann das Trägheitsmoment I_W vernachlässigt werden. Weiterhin wird die Messung der Messeinrichtung 6 bei konstanter Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 1 durchgeführt, so dass sich die Messeinrichtung 6 stabilisiert hat und $\dot{\omega}$ als 0 angenommen werden kann ($\dot{\omega} \sim 0$). Damit ergibt sich:

$$\mu(\lambda) = \frac{T_b}{F_z \cdot r}$$

[0049] Hiermit kann durch die Recheneinrichtung 17 ein Wert für eine Abschätzung des Reibwertkoeffizienten $\mu(\lambda)$ des Messrades 7 mit der Fahrstrecke 3 ermittelt werden. Zusätzlich gilt für den Schlupf des Messrades 7 folgende Formel:

$$\lambda = \frac{v - r \cdot \omega}{v}$$

[0050] Die so ermittelten Werte für λ und μ können in das in Figur 3 dargestellte Diagramm eingesetzt werden, so dass sich ein Schnittpunkt 18 ergibt.

[0051] In dem Diagramm in Figur 3 sind mehrere Kurven eingezeichnet. Diese Kurven 19 sind während der Messung der Messeinrichtung 6 bekannt, insbesondere in der Recheneinrichtung 17 hinterlegt. Die Kurven 19

wurden im Vorfeld ermittelt, beispielsweise im Labor oder bei anderen Versuchen. Die Kurven 19 zeigen dabei das Verhalten der Verbindung zwischen Messrad 7 und Fahrstrecke 3 unter verschiedenen Witterungsbedingungen bzw. Einflüssen. So repräsentiert beispielsweise die Kurve A eine trockene Fahrstrecke 3, die Kurve B eine nasse Fahrstrecke, die Kurve C eine ölige Fahrstrecke und die Kurve D eine vereiste Fahrstrecke. Durch die Recheneinrichtung 17 wird nun ermittelt, welcher der Kurven 19 dem Schnittpunkt 18 am nächsten liegt und daraufhin wird als Kennwert für die Griffigkeit der Fahrstrecke 3 der Zustand festgelegt, der der nächstliegenden Kurve 19. Als Kennwert wird also beispielsweise die Kurve A, B, C, D angenommen, die dem Schnittpunkt 18 am nächsten liegt.

[0052] Der so ermittelte Kennwert für die Griffigkeit der Fahrstrecke 3 wird anschließend an die ATO-Einrichtung 5 übermittelt, die diesen Kennwert bei der Berechnung der Fahrkurven und Bremskurven für das Schienenfahrzeug 1 berücksichtigt. Dieser erfindungsgemäß ermittelte Kennwert für die aktuell am Schienenfahrzeug 1 herrschende Griffigkeit der Fahrstrecke 3 kann jederzeit aktualisiert werden und passt sich dadurch schnell an veränderte Zustände der Griffigkeit an. Die mit dem Kennwert arbeitende ATO-Einrichtung 5 kann so das Schienenfahrzeug 1 steuern, ohne dass Schlupf auftritt.

[0053] Der erfindungsgemäß ermittelte Kennwert kann vom Schienenfahrzeug 1 natürlich auch an eine Leitstelle oder eine andere übergeordnete Stelle weitergegeben werden. Dort kann eine Weiterverarbeitung stattfinden. Beispielsweise kann der Kennwert an andere Schienenfahrzeuge weitergegeben werden, die beispielsweise nicht mit der erfindungsgemäßen Messeinrichtung 6 ausgestattet sind. Ferner können auch viele Kennwerte für unterschiedliche Orte über die Zeit abgespeichert werden, so dass eine Karte des Schienennetzes entsteht, auf der die Kennwerte ablesbar sind.

[0054] Unabhängig vom grammatikalischen Geschlecht eines bestimmten Begriffes sind Personen mit männlicher, weiblicher oder anderer Geschlechteridentität mit umfasst.

Patentansprüche

1. Messeinrichtung (6) für ein Schienenfahrzeug (1) zur fahrzeugseitigen Ermittlung wenigstens eines Kennwerts für eine Griffigkeit einer Fahrstrecke (3) während der Fahrt,

mit wenigstens einem Messrad (7), das zum Kontaktieren der Fahrstrecke (3) ausgebildet ist,

mit wenigstens einer mit dem Messrad (7) in dessen Drehachse (12) verbundenen Radaufhängung (8), die zum Befestigen am Schienenfahrzeug (1) und zum Herstellen einer gelenkigen Verbindung zwischen Schienenfahrzeug

- (1) und Messrad (7) ausgebildet ist, mit wenigstens einem Druckmittel (10), das zum Erzeugen einer im Wesentlichen konstanten Andruckkraft des Messrads (7) gegen die Fahrstrecke (3) während der Messung ausgebildet ist, mit wenigstens einer Bremseinrichtung (11), die zum Erzeugen eines auf das Messrad (7) wirkenden im Wesentlichen konstanten Bremsmoments während der Messung ausgebildet ist, und mit wenigstens einer Sensoreinrichtung (9), die zum Erfassen wenigstens eines für die Rotation des Messrades (7) relativ zur Radaufhängung (8) repräsentativen Messwerts ausgebildet ist.
2. Messeinrichtung (6) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (6) wenigstens eine Recheneinrichtung (17) aufweist, die unter Berücksichtigung des Messwerts der Sensoreinrichtung (9) den Kennwert für die Griffigkeit ermittelt.
 3. Messeinrichtung (6) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Recheneinheit (15) ausgebildet ist, den Kennwert unter Berücksichtigung eines Werts für die Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) während der Messung zu ermitteln.
 4. Messeinrichtung (6) nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (6) wenigstens eine Fahrzeugschnittstelle aufweist, mit der die Messeinrichtung (6) mit dem Schienenfahrzeug (1), insbesondere mit einer ATO-Einrichtung (5) und/oder einem Fahrzeugbus des Schienenfahrzeugs (1), verbindbar ausgebildet ist.
 5. Messeinrichtung (6) nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messrad (7) am Umfang aus einem Material, insbesondere aus einem synthetischen Material, besteht, das einen höheren Reibwertkoeffizienten als die Räder (4) des Schienenfahrzeugs (1) aufweist.
 6. Messeinrichtung (6) nach Anspruche 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material Gummi oder ein gummi ähnliches Material ist.
 7. Messeinrichtung (6) nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckmittel (10) mit der Radaufhängung (8) im Eingriff ist und insbesondere als ein Servomotor ausgebildet ist.
 8. Messeinrichtung (6) nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bremseinrichtung (11) an der Radaufhängung (8) befestigt ist und wenigstens einen Bremsbelag umfasst.
 9. Messeinrichtung (6) nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (6) wenigstens eine Aktivierungseinrichtung aufweist, die zum Bewegen des Messrads (7) von einer Ruheposition ohne Kontakt zur Fahrstrecke (3) in eine Messposition mit Kontakt zur Fahrstrecke (3) ausgebildet ist.
 10. Messeinrichtung (6) nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (6), insbesondere die Bremseinrichtung (11) und das Druckmittel (10), so ausgebildet ist, dass das Messrad (7) bei der Messung gebremst wird, aber nicht vollständig blockiert.
 11. Schienenfahrzeug (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schienenfahrzeug (1) eine Messeinrichtung (6) nach einem der oben genannten Ansprüche umfasst.
 12. Schienenfahrzeug (1) nach Anspruch 11, wobei das Schienenfahrzeug (1) wenigstens eine ATO-Einrichtung (5) aufweist, die zum automatisierten Steuern des Schienenfahrzeugs (1) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ATO-Einrichtung (5) zum Steuern des Schienenfahrzeugs (1) unter Berücksichtigung des Kennwerts ausgebildet ist.
 13. Verfahren zur fahrzeugseitigen Ermittlung wenigstens eines Kennwerts für eine Griffigkeit einer Fahrstrecke (3) des Schienenfahrzeugs während der Fahrt eines Schienenfahrzeugs (1),
 - bei dem wenigstens ein Messrad (7) einer Messeinrichtung (6) in Kontakt mit der Fahrstrecke (3) gebracht wird,
 - bei dem mittels der Messeinrichtung (6) eine im Wesentlichen konstante Andruckkraft des Messrades (7) gegen die Fahrstrecke (3) erzeugt wird,
 - bei dem mittels der Messeinrichtung (6) ein auf das Messrad (7) wirkendes im Wesentlichen konstantes Bremsmoment erzeugt wird und
 - bei dem mittels einer Sensoreinrichtung (9) wenigstens ein für die Rotation des Messrades (7) repräsentativer Messwert ermittelt wird, wobei unter Berücksichtigung des Messwerts der Kennwert ermittelt wird und
 - die Messeinrichtung (7) eine Radaufhängung (8) umfasst, die in einer Drehachse mit dem Messrad (7) verbunden ist, die zum Befestigen

am Schienenfahrzeug (1) und zum Herstellen einer gelenkigen Verbindung zwischen Schienenfahrzeug (1) und Messrad (7) ausgebildet ist.

5

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Ermittlung des Kennwerts ein Wert für die Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs (1) während der Messung berücksichtigt wird.

10

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils ein Wert für einen Reibungskoeffizienten der Messrad-Fahrstrecken-Verbindung und ein Wert für einen relativen Messrad-Schlupf ermittelt werden und diese Werte bei der Ermittlung des Kennwerts so berücksichtigt werden, dass sie mit bekannten Werten für bekannte Griffigkeiten verglichen werden.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

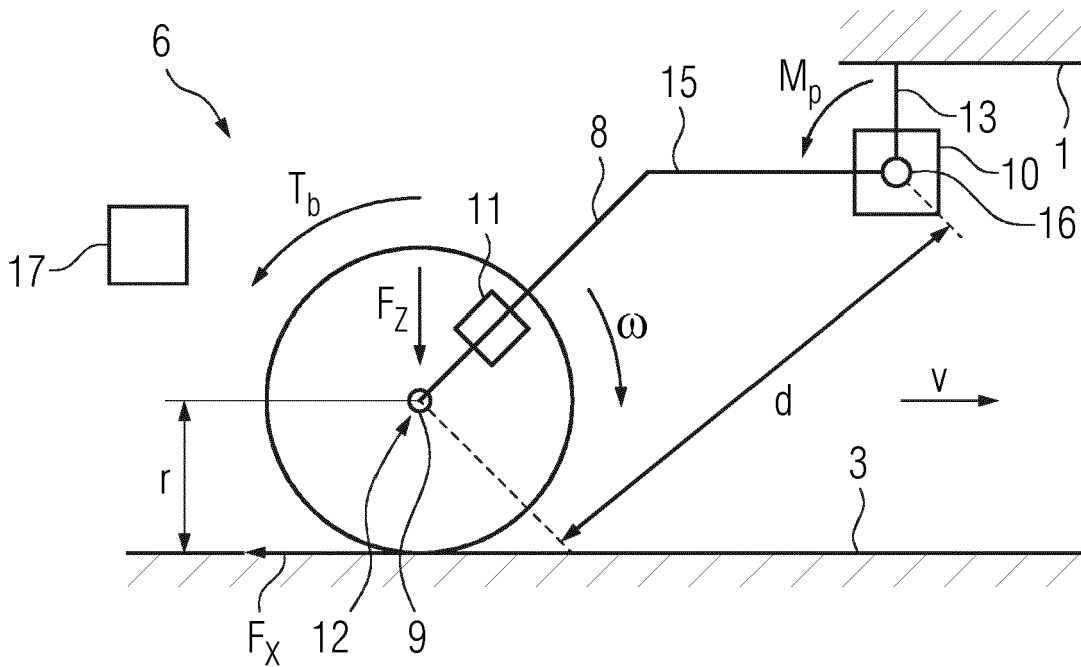
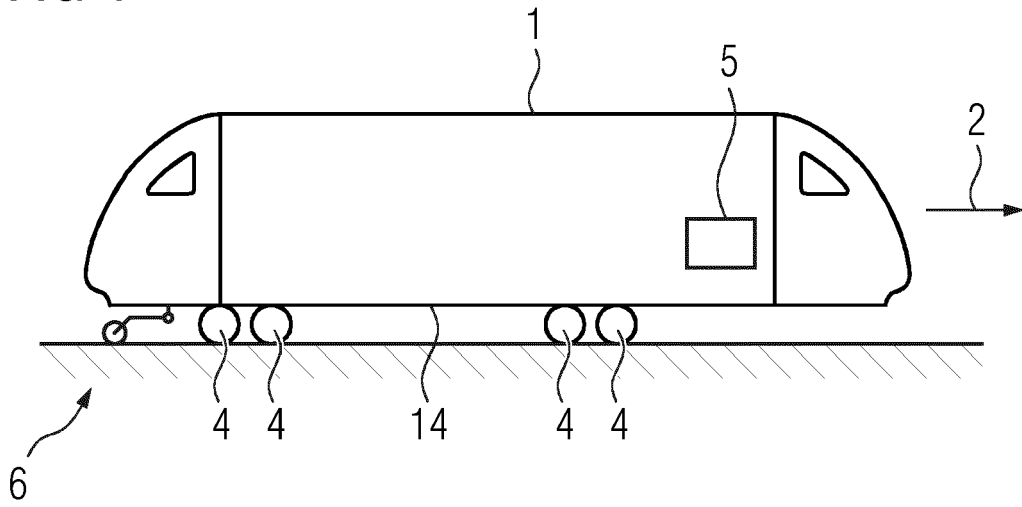
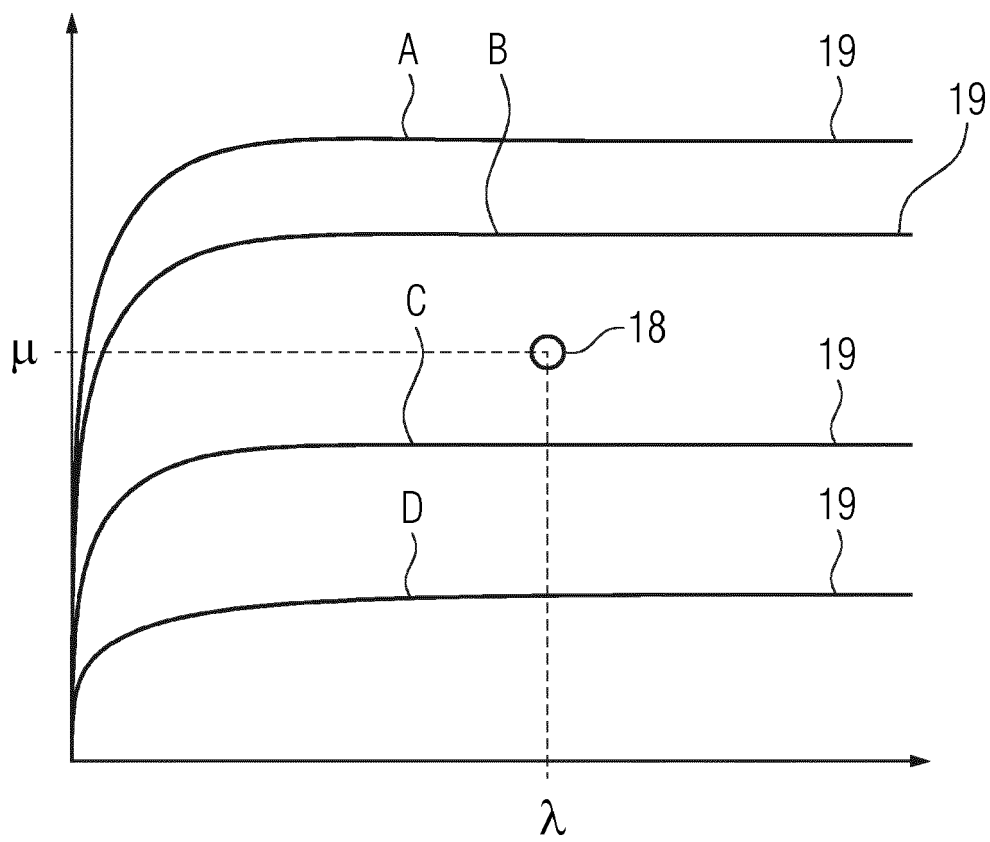


FIG 2

FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 20 6928

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	WO 01/71315 A1 (HAREID BRUKTSALG AS [NO]; KLOEVNING BJARNE [NO]) 27. September 2001 (2001-09-27) * Seite 4; Abbildungen 1,2 *	1-15	INV. B61K9/08
Y	CH 653 297 A5 (CANRON INC CRISSIER) 31. Dezember 1985 (1985-12-31) * Seite 3; Abbildung 1 *	1-15	
A	CN 104 417 583 A (RAILWAY ENG RES INST CHINA ACADEMY RAILWAY SCIENCES) 18. März 2015 (2015-03-18) * Abbildung 2 *	1-15	
A	WO 2006/037416 A1 (PLASSER BAHNBAUMASCH FRANZ [AT]; THEURER JOSEF [AT] ET AL.) 13. April 2006 (2006-04-13) * Abbildungen 1,2 *	1-15	
A	US 2004/144167 A1 (HALLIDAY DONALD R [US]) 29. Juli 2004 (2004-07-29) * Abbildung 1 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	EP 3 012 614 A1 (WDM LTD [GB]) 27. April 2016 (2016-04-27) * Abbildung 1 *	1-15	B61K B60R E01B G01N
A	DE 21 30 385 A1 (PLASSER BAHNBAUMASCH FRANZ) 13. Januar 1972 (1972-01-13) * Abbildung 3 *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. April 2024	Prüfer Lorandi, Lorenzo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 20 6928

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-04-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
WO 0171315	A1	27-09-2001	AU 4289201 A	03-10-2001
			AU 2001242892 B2	09-03-2006
			CA 2403020 A1	27-09-2001
			CN 1418311 A	14-05-2003
			EP 1285253 A1	26-02-2003
			RU 2274847 C2	20-04-2006
			US 2003159494 A1	28-08-2003
			WO 0171315 A1	27-09-2001

CH 653297	A5	31-12-1985	AU 8415682 A	02-12-1982
			CH 653297 A5	31-12-1985

CN 104417583	A	18-03-2015	KEINE	

WO 2006037416	A1	13-04-2006	AT E403035 T1	15-08-2008
			AU 2005291655 A1	13-04-2006
			CN 101027449 A	29-08-2007
			DK 1797242 T3	01-12-2008
			EA 200700508 A1	26-10-2007
			EP 1797242 A1	20-06-2007
			ES 2310843 T3	16-01-2009
			JP 4741597 B2	03-08-2011
			JP 2008514835 A	08-05-2008
			KR 20070067081 A	27-06-2007
			PL 1797242 T3	30-01-2009
			US 2007199471 A1	30-08-2007
			WO 2006037416 A1	13-04-2006

US 2004144167	A1	29-07-2004	CA 2513682 A1	19-08-2004
			EP 1588137 A2	26-10-2005
			JP 4611279 B2	12-01-2011
			JP 2006518461 A	10-08-2006
			US 2004144167 A1	29-07-2004
			WO 2004069561 A2	19-08-2004

EP 3012614	A1	27-04-2016	EP 3012614 A1	27-04-2016
			ES 2612028 T3	11-05-2017
			GB 2531572 A	27-04-2016
			US 2016116395 A1	28-04-2016

DE 2130385	A1	13-01-1972	AT 313345 B	11-02-1974
			CA 951116 A	16-07-1974
			CH 541031 A	31-08-1973
			DE 2130385 A1	13-01-1972
			FR 2109634 A5	26-05-1972
			GB 1346449 A	13-02-1974

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

Seite 1 von 2

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 20 6928

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-04-2024

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		JP S5142945 B1	18-11-1976
		US 3768168 A	30-10-1973

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- MANAGING LOW ADHESION. AWG Manual.
January 2018 [0011]