(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2022 118 620 A1** 2024.02.01

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2022 118 620.2**
(22) Anmeldetag: **26.07.2022**
(43) Offenlegungstag: **01.02.2024**

(51) Int Cl.: ***B60W 30/18*** (2012.01)
B60W 10/06 (2006.01)
B60W 10/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
AUDI Aktiengesellschaft, 85057 Ingolstadt, DE

(72) Erfinder:
Paßler, Manuel, 91781 Weißenburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

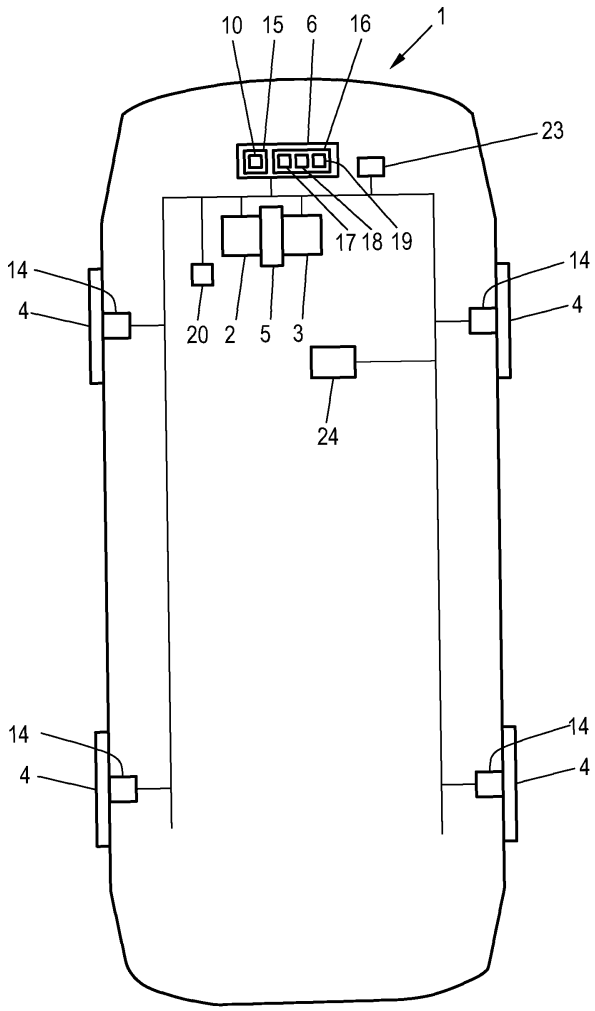
DE	**41 33 060**	**A1**
DE	**10 2013 223 324**	**A1**
DE	**10 2014 210 537**	**A1**
DE	**10 2014 220 346**	**A1**
DE	**10 2018 203 354**	**A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kraftfahrzeug mit einer ersten Antriebsmaschine und einer als elektrische Maschine ausgebildeten zweiten Antriebsmaschine und Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Kraftfahrzeug, wobei eine Steuereinrichtung (6) des Kraftfahrzeugs (1) dazu eingerichtet ist, den Betrieb einer ersten und zweiten Antriebsmaschine (2, 3) derart zu steuern, dass die erste Antriebsmaschine (2) das Kraftfahrzeug (1) antreibt, wobei die zweite Antriebsmaschine (3) als Generator betrieben wird, wodurch der Lastpunkt der ersten Antriebsmaschine (2) um einen Erhöhungsbetrag (7) erhöht wird, wobei der Erhöhungsbetrag (7) durch einen ersten Grenzwert (8) begrenzt ist, der derart gewählt ist, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine (2) auf null, während der Erhöhungsbetrag (7) auf den ersten Grenzwert (8) gesetzt ist und zugleich eine Motor-Schlupf-Regelung (10) des Kraftfahrzeugs (1) nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer ersten Testfahrsituation (29) eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt und in einer zweiten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt, wobei in der ersten Testfahrsituation (29) der Reibungskoeffizient der Haftreibung zwischen den Reifen (4) des Kraftfahrzeugs (1) und der Fahrbahn (37) zwischen 0,4 und 0,9 ist und in der zweiten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,9 und 1,1 ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einer ersten Antriebsmaschine, die insbesondere eine Verbrennungskraftmaschine ist, und einer als elektrische Maschine ausgebildeten zweiten Antriebsmaschine, wobei eine Steuereinrichtung des Kraftfahrzeugs dazu eingerichtet ist, den Betrieb der ersten und zweiten Antriebsmaschine in wenigstens einem Betriebsmodus des Kraftfahrzeugs derart zu steuern, dass die erste Antriebsmaschine das Kraftfahrzeug antreibt, wobei die zweite Antriebsmaschine als Generator betrieben wird, wodurch der Lastpunkt der ersten Antriebsmaschine um einen Erhöhungsbetrag erhöht wird, wobei in einem Normalbetrieb der Erhöhungsbetrag durch einen ersten Grenzwert begrenzt ist und eine Motor-Schlupfregelung des Kraftfahrzeugs aktiviert ist. Daneben betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeugs.

[0002] Ist in einem Kraftfahrzeug eine elektrische Maschine als zweite Antriebsmaschine neben einer ersten Antriebsmaschine, insbesondere neben einer Verbrennungskraftmaschine, vorhanden, kann die elektrische Maschine zur positiven und negativen Lastpunktverschiebung der ersten Antriebsmaschine genutzt werden. Hierbei können das durch die erste Antriebsmaschine und die elektrische Maschine jeweils bereitgestellte Drehmoment durch eine Steuereinrichtung gesteuert werden. Eine Lastpunktverschiebung kann vorteilhaft sein, um eine Verbrennungskraftmaschine in einem Drehzahl- bzw. Drehmomentbereich zu betreiben, in dem die optimale Effizienz der Verbrennungskraftmaschine erreicht wird, auch wenn dieser Bereich nicht der aktuellen Momentvorgabe durch einen Fahrer oder ein System zur zumindest teilautomatisierten Fahrzeugführung entspricht. Hierdurch kann die Effizienz des Kraftfahrzeugs gesteigert werden.

[0003] Bei einer Lastpunkterhöhung durch die elektrische Maschine kann es problematisch sein, wenn, beispielsweise aufgrund eines Defekts, eines Softwarefehlers oder Ähnlichem, eine Drehmomentanforderung durch die erste Antriebsmaschine nicht korrekt umgesetzt wird bzw. ein tatsächlich durch die erste Antriebsmaschine bereitgestelltes Drehmoment nicht korrekt erfasst wird. Dies kann dazu führen, dass aufgrund der Lastpunktverschiebung insgesamt ein hohes negatives Drehmoment resultiert, was zu einem Blockieren der angetriebenen Räder und somit zu einer Destabilisierung des Fahrzeugs führen kann. Wird beispielsweise eine positive Momentanforderung von 4000 Nm an die erste Antriebsmaschine ausgegeben bzw. wird ein solches scheinbares Drehmoment der Antriebsmaschine erfasst, und ist ein Gesamtmoment von 1000 Nm gewünscht, so würde für die elektrische Maschine ein negatives Drehmoment von 3000 Nm vorgegeben. Würden nun durch die erste Antriebsmaschinen tatsächlich nur 500 Nm Drehmoment bereitgestellt, resultiert ein verzögerndes Drehmoment von 2500 Nm, wodurch, je nach Fahrsituation, eine Destabilisierung des Fahrzeugs resultieren kann.

[0004] Zur Vermeidung von unvertretbaren Risiken ist es in Kraftfahrzeugen bekannt, ein „Automotive Safe Integrity Level“ (ASIL) für relevante Komponenten vorzugeben. Dieses reicht von dem QM-Level, das der üblichen Qualitätssicherung entspricht, über ASIL A bis C bis zu ASIL D, wobei zunehmend höhere Risikopotentiale vorliegen und somit zunehmend aufwändigere Maßnahmen zur Risikoreduzierung gefordert werden.

[0005] Bereits aus einer groben Risiko- und Gefahrenabschätzung ergibt sich, dass aus einer Destabilisierungsgefahr je nach Witterungsbedingungen Anforderungen gemäß ASIL B bis D resultieren würden. Um diese Anforderung bezüglich der Momentvorgabe und Erfassung der ersten Antriebsmaschine zu erfüllen, wären, insbesondere wenn diese als Verbrennungskraftmaschine ausgebildet ist, sehr aufwändige Maßnahmen, beispielsweise eine sehr weitgehende Redundanz großer Teile des Antriebsstrangs bzw. eine aufwändige Sensorik, erforderlich, woraus erheblicher Zusatzaufwand und eine deutliche Steigerung des Fahrzeuggewichts und Preises resultieren würden, da in üblichen Verbrennungskraftmaschinen nur eine Erkennung von fehlerhaft zu hohen Drehmomentbereitstellungen möglich ist und fehlerhaft zu niedrige Drehmomentbereitstellungen nicht erkennbar sind.

[0006] Bisher wurde diese Problematik dadurch gelöst, dass Lastpunkterhöhungen auf relativ niedrige maximale negative Drehmomente, beispielsweise auf maximal 1000 Nm bis 1500 Nm, begrenzt wurden, sodass fehlerhaft zu niedrige Drehmomente der Verbrennungskraftmaschine nicht zu einer Destabilisierung führen. Bei geeigneter Wahl dieser Grenze kann erreicht werden, dass auch bei Glätte bzw. Schnee keine bzw. allenfalls eine fahrerseitig gut kontrollierbare Destabilisierung des Kraftfahrzeugs bei fehlerhaft zu niedrigen Drehmomenten der Verbrennungskraftmaschine resultieren kann.

[0007] Aus der Druckschrift DE 10 2014 210 537 A1 ist es zudem bekannt, bei einem Eingreifen von radmomentreduzierenden Sicherheitsmaßnahmen eine elektrische Maschine in einen inaktiven Zustand zu überführen, um potentiell nachteilige Wechselwirkungen der elektrischen Maschine mit der ausgelösten Momentreduzierung durch eine Verbrennungskraftmaschine und/oder Bremsen zu vermeiden. Hierdurch kann das Risiko einer Destabilisierung des Fahrzeugs durch negative Drehmomente der elektrischen Maschine weiter verringert werden.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Effizienz eines Kraftfahrzeugs mit einer ersten Antriebsmaschine und einer als elektrische Maschine ausgebildeten zweiten Antriebsmaschine mit geringem technischen Aufwand weiter zu erhöhen, insbesondere indem höhere Lastpunkterhöhungen der ersten Antriebsmaschine durch die elektrische Maschine zugelassen werden können.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Kraftfahrzeug der eingangs genannten Art gelöst, wobei der erste Grenzwert derart gewählt ist, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null, während der Erhöhungsbetrag auf den ersten Grenzwert gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer ersten Testfahrsituation eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt und in einer zweiten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt, wenn das Kraftfahrzeug in der ersten und zweiten Testfahrsituation jeweils entlang eines Abschnitts einer Kreisbahn geführt wird, wobei die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und der Radius der Kreisbahn derart gewählt sind, dass das Verhältnis zwischen einer zur Führung des Kraftfahrzeugs auf der Kreisbahn erforderlichen Zentripetalkraft und dem Produkt einer durch die Räder des Kraftfahrzeugs auf eine befahrene Fahrbahn übertragenen Normalkraft mit dem Reibungskoeffizienten der Haftreibung zwischen den Reifen des Kraftfahrzeugs und der Fahrbahn ein vorgegebenes Sollverhältnis annimmt, wobei in der ersten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,9 und das Sollverhältnis zwischen 0,65 und 0,9 ist und in der zweiten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,9 und 1,1 und das Sollverhältnis zwischen 0,4 und 0, 6 ist.

[0010] Eine Motor-Schlupf-Regelung kann beim Auftreten von hohem Schlupf an Rädern des Fahrzeugs aufgrund negativer Drehmomente durch das Aufbringen zusätzlicher Drehmomente bzw. die Reduzierung negativer Drehmomente, insbesondere die Reduzierung der Lastpunktverschiebung durch die zweite Antriebsmaschine, eine Destabilisierung des Fahrzeugs verhindern bzw. ermöglichen, dass diese durch einen Fahrer oder ein Assistenzsystem zur zumindest teilautomatisierten Führung des Kraftfahrzeugs gut kontrollierbar ist. Erfindungsgemäß wird dies ausgenutzt, um gegenüber der eingangs erläuterten Begrenzung des Erhöhungsbetrags derart, dass auch bei niedrigem Reibwert bzw. Reibungskoeffizienten, also z.B. bei Schnee oder Glätte, ein fehlerhaft zu niedriges Antriebsmoment der ersten Antriebsmaschine auch ohne Motor-Schlupf-Regelung nicht zu einer Destabilisierung führen kann, höhere Erhöhungsbeträge zuzulassen. Eine beginnende Destabilisierung kann hierbei durch die Motor-Schlupf-Regelung erkannt und kompensiert werden. Somit erscheint es zunächst möglich, in Kraftfahrzeugen mit einer Motor-Schlupf-Regelung beliebig hohe Grenzwerte für eine Lastpunkterhöhung durch die zweite Antriebsmaschine zuzulassen.

[0011] In diesem Fall müsste die Motor-Schlupf-Regelung jedoch eine hinreichend hohe Sicherheitsintegrität zur Vermeidung einer Destabilisierung aufgrund von fehlerhaft zu hohem negativem Drehmoment in allen Fahrsituationen aufweisen. Es wäre somit typischerweise eine Implementierung auf ASIL-D Integrität erforderlich. Übliche Implementierungen erreichen jedoch in der Regel nur eine Integrität gemäß ASIL-B und mit vertretbarem Aufwand ist die erreichbare Integrität auf ASIL-C begrenzt.

[0012] Da die erforderliche Integrität neben der Schadensschwere und der Kontrollierbarkeit auch von der Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fehlerfalls abhängt, kann das erforderliche Integritätsniveau reduziert werden, wenn nur eine Vermeidung der Destabilisierung durch die Motor-Schlupf-Regelung in seltener auftretenden Fahrsituationen gefordert wird, z.B. nur bei Vorleigen eines reduzierten bzw. niedrigen Reibungskoeffizienten, also z.B. bei einer Fahrt auf nasser Fahrbahn und/oder auf Schnee bzw. Eis.

[0013] Der bezüglich der zweiten Testfahrsituation genannte Wertebereich für den Reibungskoeffizienten entspricht insbesondere einer Testfahrt bei normalem Reibungskoeffizienten bzw. auf trockener Fahrbahn. Die Straßenbeschaffenheit kann in der zweiten Testfahrsituation insbesondere einem Fahren auf normalem Reibwert im Sinne der VDA 702 Empfehlung des Verbands der Automobilindustrie e. V. entsprechen. Die Beschränkung des Sollverhältnisses ergibt sich daraus, dass davon ausgegangen werden kann, das im normalen Straßenverkehr die bei trockener Fahrbahn zur Verfügung stehende Haftreibungskraft bei einer Kurvenfahrt zu maximal 40% bis 60% ausgenutzt wird.

[0014] Der bezüglich der ersten Testfahrsituation genannte Wertebereich für den Reibungskoeffizienten umfasst den Bereich eines reduzierten bzw. niedrigen Reibungskoeffizienten und somit insbesondere eine Fahrt auf nasser Fahrbahn bzw. auf Eis oder Schnee. Die Straßenbeschaffenheit in der ersten Testfahrsituation kann somit insbesondere einem Fahren auf reduziertem Reibwert oder einem Fahren auf niedrigem Reibwert im Sinne der VDA 702 Empfehlung entsprechen. In diesen Fahrsituationen wird die zur Verfügung stehende Haftreibungskraft im normalen Straßenverkehr typischerweise stärker ausgenutzt, sodass zur Simulation einer solchen Fahrt ein höheres Sollverhältnis angenommen wird.

[0015] Anders ausgedrückt wird der Grenzwert somit insbesondere derart gewählt, dass bei einer Fahrt auf trockener Straße bzw. mit normalem Reibungskoeffizienten eine Absenkung des Antriebsmoment auf null bei maximaler Rekuperation durch die zweite Antriebsmaschine selbst bei einem Ausfall der Motor-Schlupf-Regelung nicht zu einer Destabilisierung des Kraftfahrzeugs führt. Somit ist die korrekte Funktion der Motor-Schlupf-Regelung nur bei einer Fahrt auf nassem Untergrund bzw. Schnee oder Eis bzw. mit reduziertem bzw. niedrigem Reibungskoeffizienten erforderlich. Hierdurch kann die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fehlers erheblich reduziert werden, wodurch es, je nachdem ob eine Destabilisierung bereits bei reduziertem Reibungskoeffizient bzw. bei Nässe oder erst bei niedrigem Reibungskoeffizient bzw. bei Schnee oder Eis zugelassen wird, ausreichend sein kann, die Motor-Schlupf-Regelung auf einem ASIL-B oder ASIL-C Integritätslevel zu implementieren.

[0016] Da eine Destabilisierung bei niedrigem Reibungskoeffizienten, also insbesondere bei Schnee bzw. Eis, bzw. unter Umständen sogar bei reduziertem Reibungskoeffizienten, also insbesondere bei Nässe, zunächst durch die Wahl eines relativ hohen ersten Grenzwertes zugelassen wird, jedoch durch ein Ansprechen der Motor-Schlupf-Regelung bei aktiver Motor-Schlupf-Regelung verhindert wird, können höhere Rekuperations- bzw. Bremsmomente durch die zweite Antriebsmaschine und somit ein effizienterer Fahrbetrieb zugelassen werden, solange die Motor-Schlupf-Regelung aktiv ist.

[0017] Die Überprüfung, ob eine Destabilisierung in der jeweiligen Testfahrsituation auftritt, kann durch Fahrversuche erfolgen, jedoch auch durch eine Simulation der jeweiligen Testfahrsituation oder durch eine analytische Berechnung. Hierbei wird zu einem bestimmten Zeitpunkt nach einem reduzieren des Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null bzw. allgemein nach Aufschalten eines zu untersuchenden Fehlers, vorliegend eine Sekunde nach der Reduzierung des Antriebsmoments auf null, ein Abstand des Kraftfahrzeugs, insbesondere des Schwerpunkts des Kraftfahrzeugs, von der Kreisbahn als Abstandswert und/oder eine Gierratenabweichung der Gierrate des Kraftfahrzeugs um seine Hochachse von jener Gierrate, die aus dem Befahren der Kreisbahn resultieren würde, ermittelt.

[0018] Eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs z.B. liegt genau dann vor, wenn entweder der Abstandswert oder die Gierratenabweichung oder beides einen jeweiligen Grenzwert überschreiten. Als Grenzwert für die Gierratenabweichung wird hierbei 4°/s und als Grenzwert für den Abstandswert 50 cm verwendet.

[0019] In der ersten Testfahrsituation kann der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,6 und das Sollverhältnis zwischen 0,7 und 0,9 sein. In diesem Fall entspricht die erste Testfahrsituation insbesondere einer Fahrt mit reduziertem Reibungskoeffizienten, z.B. auf nasser Fahrbahn. Somit würde bei einer Fehlfunktion der ersten Antriebsmaschine und der Motor-Schlupf-Regelung z.B. bei Nässe eine Destabilisierung drohen, womit die Motor-Schlupf-Regelung vorzugsweise eine Integritätsstufe gemäß ASIL-C aufweist.

[0020] Alternativ kann in der ersten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,7 und 0,9 und das Sollverhältnis zwischen 0,65 und 0,85 sein. In diesem Fall entspricht die erste Testfahrsituation insbesondere einer Fahrt mit niedrigem Reibungskoeffizienten, z.B. bei Schnee bzw. Eis auf der Fahrbahn.

[0021] Insbesondere kann, wenn in der ersten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,6 und das Sollverhältnis zwischen 0,7 und 0,9 ist, der erste Grenzwert derart gewählt sein, dass bei der Reduzierung des Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null, während der Erhöhungsbetrag auf den ersten Grenzwert gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer dritten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt, wobei das Kraftfahrzeug in der dritten Testfahrsituation entlang dem Abschnitt der Kreisbahn geführt wird, wobei der Reibungskoeffizient zwischen 0,7 und 0,9 und das Sollverhältnis zwischen 0,65 und 0,85 ist.

[0022] Anders ausgedrückt, soll bei Nutzung des ersten Grenzwertes bei nicht aktiver oder nicht funktionsfähiger Motor-Schlupf-Regelung eine Destabilisierung bei niedrigem Reibungskoeffizienten, z.B. bei Schnee bzw. Eis auf der Fahrbahn, zulässig sein, während bei einer Fahrt mit reduziertem Reibungskoeffizienten, z.B. auf nasser Fahrbahn, eine Destabilisierung auch in diesem Fall vermieden wird. Bei einer derartigen Wahl des Grenzwertes kann es insbesondere ausreichend sein, wenn die Motor-Schlupf-Regelung eine Integritätsstufe gemäß ASIL-B aufweist.

[0023] Die Steuereinrichtung kann dazu eingerichtet sein, eine Fehlerbedingung zu prüfen, deren Erfüllung eine Fehlfunktion oder einen inaktiven Zustand der Motor-Schlupf-Regelung indiziert, und bei Erfüllung der Fehlerbedingung in einen Fehlerbetrieb zu wechseln, in dem der Erhöhungsbetrag durch einen zweiten Grenzwert, der kleiner als der erste Grenzwert ist, begrenzt ist.

[0024] Solange eine korrekte Funktion der Motor-Schlupf-Regelung diagnostiziert wird, was typischerweise im Wesentlichen für die gesamte Lebenszeit

im Wesentlichen aller Fahrzeuge der Flotte der Fall ist, und diese aktiv ist, kann somit der erste Grenzwert genutzt werden und somit aufgrund der höheren zulässigen Lastpunkteerhöhung die Gesamteffizienz des Kraftfahrzeugs weiter gesteigert werden. Nur in den sehr selten auftretenden Fällen, dass die Funktion der Motor-Schlupf-Regelung gestört ist bzw. wenn diese z.B. durch einen Nutzer deaktiviert wurde, sollte ein Rückfall auf den zweiten Grenzwert und somit beispielsweise auf das bisher übliche Vorgehen zur Lastpunkterhöhungsbegrenzung, erfolgen.

[0025] Verschiedene Möglichkeiten zur Erkennung von Fehlerfunktionen der Motor-Schlupf-Regelung werden später noch diskutiert. Die Fehlerbedingung kann insbesondere auch dann erfüllt sein, wenn die Motor-Schlupf-Regelung zwar im Ergebnis noch korrekt arbeitet, aber beispielsweise eine interne Konsistenzprüfung, beispielsweise durch redundante Datenerfassung und/oder Rechenvorgänge, und/oder die Erkennung einer erhöhten Ansprechzeit beim Auslösen eines Eingriffs auf das Vorliegen eines Fehlers, auf eine Beeinträchtigung der Funktionalität und/oder ein auf ein erhöhtes Ausfallrisiko hinweist.

[0026] Der zweite Grenzwert ist vorzugsweise derart gewählt, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null, während der Erhöhungsbetrag auf den zweiten Grenzwert gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in der ersten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt. Durch die Reduzierung des Grenzwertes bzw. die Verwendung des kleineren, zweiten Grenzwertes wird somit insbesondere eine Destabilisierung bei Nässe und/oder Glätte auch bei inaktiver bzw. defekter Motor-Schlupf-Regelung vermieden.

[0027] Ergänzend oder alternativ kann der zweite Grenzwert derart gewählt sein, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null, während der Erhöhungsbetrag auf den zweiten Grenzwert gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer vierten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt, wobei das Kraftfahrzeug in der vierten Testfahrsituation entlang dem Abschnitt der Kreisbahn geführt wird, wobei der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,6 und das Sollverhältnis zwischen 0,7 und 0,9 ist. Insbesondere wird der Grenzwert somit soweit reduziert, dass selbst bei inaktiver bzw. nicht voll funktionsfähiger Motor-Schlupf-Regelung und einer Fahrt auf Schnee oder Eis eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs bei fehlerhaft zu niedrigem Antriebsmoment der ersten Antriebsmaschine verhindert wird.

[0028] Die Steuereinrichtung oder zumindest eine Teileinrichtung der Steuereinrichtung, die die Auswertung der Fehlerbedingung und/oder die Begrenzung des Erhöhungsbetrags auf den zweiten Grenzwert implementiert, kann mit höheren Integritätsanforderungen implementiert sein als die Steuerung und/oder Überwachung von durch die ersten Antriebsmaschine bereitgestellten Drehmomenten und/oder die Motor-Schlupf-Regelung. Unter einer hohen Integritätsanforderung ist insbesondere ein höheres ASIL-Level zu verstehen. Höhere Integritäts- bzw. ASIL-Anforderungen können beispielsweise durch geeignete Komponentenauswahl, die redundante Auslegung von Komponenten etc. erreicht werden. Geeignete Implementierungen und Prozesse sind an sich bekannt und sollen daher nicht detailliert erläutert werden.

[0029] Die Motor-Schlupf-Regelung kann derart ausgebildet sein, dass bei einem Ansprechen der Motor-Schlupf-Regelung zur Reduzierung des Radmoments der Erhöhungsbetrag reduziert, insbesondere auf null reduziert, wird. Wird der erste Grenzwert nicht allzu hoch gewählt, wie später noch diskutiert werden wird, kann hierdurch eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs aufgrund hoher negativer Drehmomente der zweiten Antriebsmaschine robust vermieden werden.

[0030] Die Erfüllung der Fehlerbedingung und/oder das Ansprechen der Motor-Schlupf-Regelung kann von einer Raddrehzahl wenigstens eines Rades abhängen, die über einen jeweiligen Raddrehzahlsensor erfasst wird. Bezüglich des Ansprechens der Motor-Schlupf-Regelung kann diese beispielsweise ansprechen, wenn die Raddrehzahl um mehr als einen Grenzwert kleiner ist als aufgrund einer Fahrzeuggeschwindigkeit bzw. einer Drehzahl anderer Räder erwartet würde. Dies indiziert einen hohen Schlupf aufgrund eines zu langsam drehenden Rades und soll daher zu einer Momenterhöhung führen.

[0031] Die Geschwindigkeit bzw. ein Sollwert für die Raddrehzahl kann beispielsweise aufgrund weiterer Raddrehzahlen, beispielsweise an einer nicht angetriebenen oder mit einem höheren Moment angetriebenen Achse, auf Basis von Beschleunigungssensoren, einer Positionsbestimmung, beispielsweise über GPS etc., bestimmt werden. Die Funktion von Motor-Schlupf-Regelungen ist an sich wohlbekannt und soll daher nicht detailliert erläutert werden.

[0032] Die durch den jeweiligen Raddrehzahlsensor erfasste Raddrehzahl, also die Ausgangsdaten des jeweiligen Raddrehzahlsensors, kann bzw. können auch zur Auswertung der Fehlerbedingung herangezogen werden. Beispielsweise kann die Raddrehzahl eines Rades redundant über mehrere Raddrehzahl-

sensoren erfasst werden und eine einen Grenzwert überschreitende Abweichung kann eine Fehlfunktion wenigstens eines der Raddrehzahlsensoren indizieren, aufgrund der die Fehlerbedingung erfüllt sein kann.

[0033] Auch ein zeitlicher Verlauf der Raddrehzahl kann im Rahmen der Fehlerbedingung ausgewertet werden. Eine vollständige Fehlfunktion der Motor-Schlupf-Regelung kann beispielsweise erkannt werden, wenn diese zwar anspricht bzw. ansprechen sollte, die erfasste Raddrehzahl jedoch indiziert, dass keine oder keine hinreichende Momenterhöhung durch die Motor-Schlupf-Regelung erfolgt ist. Die Fehlerbedingung kann jedoch auch bei niederschwelligeren Fehlfunktionen erfüllt sein, beispielsweise wenn die Änderung der Raddrehzahl und somit die Schlupfreduzierung verzögert einsetzt oder eine geringere Änderungsrate als erwartet aufweist.

[0034] Zur Funktionsprüfung der Motor-Schlupf-Regelung ist es auch möglich, dass beispielsweise in bestimmten Zeitabständen dann, wenn erkannt wird, dass eine unkritische Fahrsituation vorliegt, beispielsweise bei einer Geradeausfahrt auf freier Strecke, kurzfristig hohe negative Drehmomente vorgegeben werden, um die Funktionsfähigkeit der Motor-Schlupf-Regelung zu testen. Dies kann aufgrund des schnellen Ansprechens der Motor-Schlupf-Regelung bei voller Funktionsfähigkeit in der Regel ohne Beeinträchtigung des Fahrkomforts bzw. sogar ohne dass dies durch die Fahrzeuginsassen wahrgenommen wird, erfolgen.

[0035] Im Rahmen der Auswertung der Fehlerbedingungen kann auch die Funktionsfähigkeit einzelner Komponenten der Motor-Schlupf-Regelung geprüft werden. Beispielsweise kann ein Watchdog-Timer genutzt werden, um den korrekten Betrieb einer die Motor-Schlupf-Regelung implementierenden Teileinrichtung der Steuereinrichtung zu überwachen bzw. die Berechnung und/oder Datenerfassung der Motor-Schlupf-Regelung kann redundant erfolgen, wobei die Fehlerbedingung beispielsweise bei einer Erkennung von Inkonsistenzen bzw. Unterschieden der Ergebnisse oberhalb eines gewissen Grenzwertes erfüllt sein kann.

[0036] Die Steuereinrichtung kann zur Vorgabe des Erhöhungswertes in Abhängigkeit einer Gesamtmomentanforderung, die insbesondere durch eine Bedieneingabe eines Fahrers an einem Bedienmittel und/oder durch ein System zur zumindest teilautomatisierten Führung des Kraftfahrzeugs vorgebbar ist, eingerichtet sein. Hierdurch kann bei gegebenem Fahrwunsch ein effizienzoptimaler Betrieb erreicht werden.

[0037] Neben dem erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeugs mit einer ersten Antriebsmaschine, die insbesondere eine Verbrennungskraftmaschine ist, und einer als elektrische Maschine ausgebildeten zweiten Antriebsmaschine, wobei der Betrieb der ersten und zweiten Antriebsmaschine derart gesteuert wird, dass die erste Antriebsmaschine das Kraftfahrzeug antreibt, wobei die zweite Antriebsmaschine als Generator betrieben wird, wodurch der Lastpunkt der ersten Antriebsmaschine um einen Erhöhungsbetrag erhöht wird, wobei in einem Normalbetrieb der Erhöhungsbetrag durch einen ersten Grenzwert begrenzt wird und eine Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs aktiv ist, wobei der erste Grenzwert derart gewählt ist oder wird, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null, während der Erhöhungsbetrag auf den ersten Grenzwert gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer ersten Testfahrsituation eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt und in einer zweiten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt, wenn das Kraftfahrzeug in der ersten und zweiten Testfahrsituation jeweils entlang eines Abschnitts einer Kreisbahn geführt wird, wobei die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und der Radius der Kreisbahn derart gewählt sind, dass das Verhältnis zwischen einer zur Führung des Kraftfahrzeugs auf der Kreisbahn erforderlichen Zentripetalkraft und dem Produkt einer durch die Räder des Kraftfahrzeugs auf eine befahrene Fahrbahn übertragenen Normalkraft mit dem Reibungskoeffizienten der Haftreibung zwischen den Reifen des Kraftfahrzeugs und der Fahrbahn ein vorgegebenes Sollverhältnis annimmt, wobei in der ersten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,9 ist und das Sollverhältnis zwischen 0,65 und 0,9 ist und in der zweiten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,9 und 1,1 und das Sollverhältnis zwischen 0,4 und 0, 6 ist.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit den zum erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug genannten Merkmalen mit den dort genannten Vorteilen weitergebildet werden und umgekehrt.

[0039] Vorzugsweise wird, insbesondere wiederholt, eine Fehlerbedingung geprüft, deren Erfüllung eine Fehlfunktion oder einen inaktiven Zustand der Motor-Schlupf-Regelung indiziert, wobei bei Erfüllung der Fehlerbedingung in einen Fehlerbetrieb gewechselt wird, in dem der Erhöhungsbetrag durch einen zweiten Grenzwert, der kleiner als der erste Grenzwert ist, begrenzt wird. Dies wurde bereits obig bezüglich des erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs näher erläutert.

[0040] Die Vorgabe des ersten und/oder des zweiten Grenzwertes kann im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgen. Hierzu können, wie bereits obig erläutert, z.B. Simulationen und/oder Fahrversuche herangezogen werden. Alternativ kann die Vorgabe des ersten und/oder des zweiten Grenzwertes auch außerhalb des Verfahrens erfolgen, womit das Verfahren z.B. nur den Betrieb des Kraftfahrzeugs mit vorgegebenem ersten und/oder zweiten Grenzwert umfassen kann.

[0041] Der Erhöhungsbetrag kann für zumindest ein Teilintervall des Zeitintervalls, innerhalb dem ein Normalbetrieb erfolgt, den zweiten Grenzwert übersteigen. Hierdurch kann im Normalbetrieb insbesondere eine höhere Effizienz erreicht werden als im Fehlerbetrieb.

[0042] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den folgenden Ausführungsbeispielen sowie den zugehörigen Zeichnungen. Hierbei zeigen schematisch:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs,

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig. 3 eine Testfahrsituation, in der eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt.

[0043] **Fig.** 1 zeigt ein Kraftfahrzeug 1 mit einer ersten Antriebsmaschine 2, die im Beispiel eine Verbrennungskraftmaschine ist, und einer als elektrische Maschine ausgebildeten zweiten Antriebsmaschine 3. Eine Steuereinrichtung 6 des Kraftfahrzeugs 1 ist dazu eingerichtet, den Betriebs der ersten und zweiten Antriebsmaschine 2, 3 derart zu steuern, dass die erste Antriebsmaschine 2 das Kraftfahrzeug 1 antreibt, wobei die zweite Antriebsmaschine 3 als Generator betrieben wird, um den Lastpunkt der ersten Antriebsmaschine 2 zu erhöhen.

[0044] Hierzu sind die Antriebsmaschinen 2, 3 im Beispiel über eine Trennkupplung 5 miteinander gekoppelt und eine der Antriebsmaschinen 2, 3 ist über ein nicht gezeigtes Getriebe mit den Rädern 4 des Kraftfahrzeugs oder zumindest mit Rädern 4 einer Achse des Kraftfahrzeugs 1 gekoppelt. Die andere der Antriebsmaschinen 2, 3 ist somit nur bei geschlossener Trennkupplung 5 mit den Rädern 4 gekoppelt. Hierbei kann durch die Trennkopplung 5 die zweiten Antriebsmaschine 3 abkoppelbar sein, während die erste Antriebsmaschine 2 über das Getriebe, insbesondere ein Automatikgetriebe, mit den Rädern 4 gekoppelt bleibt. In einer alternativen Ausgestaltung wäre es möglich, dass durch die Trennkopplung 5 die erste Antriebsmaschine 2 abkoppelbar ist, während die zweite Antriebsmaschine 3 über das Getriebe mit den Rädern 4 gekoppelt bleibt. Neben den beispielhaft genannten Ausgestaltungen wären auch andere Ausgestaltungen, z.B. die Nutzung zweier Trennkupplungen, um beide Antriebsmaschinen selektiv mit den Rädern verbinden bzw. von diesen trennen zu können und/oder die Nutzung eines Getriebes zwischen den Antriebsmaschinen, möglich.

[0045] Aus Übersichtlichkeitsgründen sind die Komponenten des Antriebsstrangs, die die Antriebsmaschinen 2, 3 mit den Rädern koppeln nicht dargestellt und die Darstellung ist auf die für die Steuerung der Antriebsmaschinen 2, 3 erheblichen Komponenten beschränkt.

[0046] Die Vorgabe von Sollmomenten 26, 27 für die Antriebsmaschinen 2, 3 wird später detailliert mit zusätzlichem Bezug auf das Ablaufdiagramm in **Fig.** 2 näher erläutert werden. Allgemein wird das Sollmoment 27 der zweiten Antriebsmaschine 3 bezüglich einer Rekuperation bei aktiver Motor-Schlupf-Regelung 10 durch einen ersten Grenzwert 8 begrenzt. Der erste Grenzwert ist hierbei derart gewählt, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null, während der Erhöhungsbetrag auf den ersten Grenzwert gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer ersten Testfahrsituation 29, nämlich z.B. bei Schnee, Eis oder Nässe, eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt und in einer zweiten Testfahrsituation, insbesondere bei trockener Fahrbahn, keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt. Die Testfahrsituationen 29 werden später noch mit Bezug auf **Fig.** 3 näher erläutert.

[0047] Bei inaktiver Motor-Schlupf-Regelung 10 bzw. bei mangelnder Integrität der Motor-Schlupf-Regelung 10 wird stattdessen vorzugsweise ein niedrigerer zweiter Grenzwert 11 genutzt, der insbesondere so gewählt ist, dass selbst bei einer Fahrt auf Schnee oder Eis bei Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null, während der Erhöhungsbetrag auf den ersten Grenzwert gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt.

[0048] In dem in **Fig.** 2 gezeigten Ablaufdiagramm werden in Schritt S1 zunächst diverse Parameter des Kraftfahrzeugs erfasst. Hierbei werden über die Raddrehzahlsensoren 14 die Drehzahlen 13 der verschiedenen Räder 4 erfasst, wobei insbesondere mehrere Raddrehzahlsensoren 14 pro Rad 4 genutzt werden können, um eine redundante Erfassung zu ermöglichen. Zudem wird die Geschwindigkeit 20 des Kraftfahrzeugs 1 ermittelt, wozu beispielsweise die Raddrehzahl 13 an einer nicht angetriebenen

Achse herangezogen werden können und/oder weitere Informationen, beispielsweise Daten eines nicht gezeigten Beschleunigungssensors, ausgewertet werden können.

[0049] Zudem wird ein Ist-Drehmoment 21 von einem Motorsteuergerät der ersten Antriebsmaschine 2 und einer der zweiten Antriebsmaschine 3 zugeordneten Leistungselektronik an die Steuereinrichtung 6 bereitgestellt. Auch werden Informationen 22 über den Funktionszustand der Motor-Schlupf-Regelung 10 erfasst. Hierbei wird überwacht, ob die Motor-Schlupf-Regelung, z.B. aufgrund einer Benutzereinstellung, inaktiv ist bzw. die Integrität der Motor-Schlupf-Regelung gestört ist. Hierbei können, rein Beispielhaft, Flags ausgewertet werden, die indizieren, ob ein Watchdog-Timer den korrekten Betrieb einer Teileinrichtung 15 der Steuereinrichtung 6 indizieren, die die Motor-Schlupf-Regelung implementiert, und/oder ob redundante Erfassungs- bzw. Rechenpfade Abweichungen indizieren bzw. ob bei vorangehenden Eingriffen der Motor-Schlupf-Regelung ein unerwartetes Verhalten erkannt wurde. Ergänzend wird im Beispiel der Ladezustand 25 eines Energiespeichers 24 des Kraftfahrzeugs 1 erfasst.

[0050] In Schritt S2 wird eine Fehlerbedingung 9 geprüft, deren Erfüllung eine Fehlfunktion der Motor-Schlupf-Regelung 10 indiziert. Hierzu kann die Zustandsinformation 22 ausgewertet werden.

[0051] Ist die Fehlerbedingung in Schritt S2 nicht erfüllt, so wird in Schritt S3 in einem Normalbetrieb ein erster Grenzwert für einen Erhöhungsbetrag 7, um den der Lastpunkte der ersten Antriebsmaschine 2 erhöht werden soll, vorgegeben.

[0052] Ist die Fehlerbedingung in Schritt S2 hingegen erfüllt, wird stattdessen in Schritt S4 in einem Fehlerbetrieb ein zweiter Grenzwert 11 für den Erhöhungsbetrag 7 vorgegeben, der deutlich kleiner als der erste Erhöhungsbetrag 8 ist.

[0053] Wie bereits im allgemeinen Teil der Beschreibung diskutiert wurde, führt der relativ niedrige zweite Grenzwert 11 dazu, dass selbst bei einem Ausfall der Motor-Schlupf-Regelung und bei fehlender Momentbereitstellung durch die erste Antriebsmaschine 2 die negativen Drehmomente an den Rädern 4 nicht zu einer unkontrollierbaren Destabilisierung des Kraftfahrzeugs führen können. Ist die Motor-Schlupf-Regelung hingegen voll funktionsfähig, kann aufgrund von deren möglichem schnellen Eingreifen auch der höhere Grenzwerte 8 genutzt werden, wobei dieser jedoch typischerweise hinreichend klein gewählt sein sollten, dass er nicht zu einer Destabilisierung auf nasser Fahrbahn führt.

[0054] In Schritt S5 wird eine Gesamtmomentanforderung 12 vorgegeben, die beispielsweise aufgrund eines Fahrerwunsches bzw. einer Bedieneingabe eines Fahrers an dem Bedienmittel 20 des Kraftfahrzeugs 1 bzw. aufgrund einer Momentanforderung eines das Kraftfahrzeug 1 zumindest teilautomatisiert führenden Systems 23 vorgegeben wird. Die Gesamtmomentanforderung kann zudem von weiteren Parametern, beispielsweise von Zusatzanforderungen durch Fahrerassistenzsysteme oder Stabilitätskontrollen abhängen, wie es an sich bereits bekannt ist.

[0055] In Schritt S6 erfolgt eine Vorgabe eines Sollmoments 26 für die erste Antriebsmaschine 2 und eines Sollmoments 27 für die zweite Antriebsmaschine 3, wobei das Sollmoment für die zweite Antriebsmaschine 3 beim erläuterten generatorischen Betrieb dem Erhöhungsbetrag 7 für die Erhöhung des Lastpunktes der ersten Antriebsmaschine 2 entspricht. Ein derartiges Vorgehen ist für sich genommen bereits bekannt, wobei durch Verschiebung des Lastpunktes der ersten Antriebsmaschine 2 diese insbesondere in einem besonders effizienten Drehmoment- bzw. Drehzahlbereich betrieben werden kann, wobei hierbei, wie üblich, beispielsweise der Ladezustand 25 des Energiespeichers 24 berücksichtigt werden kann. Die Optimierung erfolgt im gezeigten Verfahren bzw. Kraftfahrzeug jedoch unter der Randbedingung, dass der Erhöhungsbetrag 7 bzw. die Momentanforderung 27 für die zweite Antriebsmaschine 3 im Normalbetrieb den ersten Grenzwert 8 und im Fehlerbetrieb den zweiten Grenzwert 11 nicht überschreitet.

[0056] In Schritt S7 wird eine Auslösebedingung 28 geprüft, bei deren Erfüllung ein Eingriff durch die Motor-Schlupf-Regelung erfolgen soll. Die Auslösebedingung 28 kann beispielsweise erfüllt sein, wenn die Unterschiede der Raddrehzahlen 13 zwischen einer angetriebenen und einer nicht angetriebenen Achse einen Grenzwert überschreiten bzw. wenn die Raddrehzahl 13 wenigstens eines der Räder 4 deutlich unterhalb eines Erwartungswertes, der sich aus der Fahrzeuggeschwindigkeit 20 ergibt, liegt. Hierbei ist zu beachten, dass Schritt S7 zwar des besseren Verständnisses halber als Teil des Ablaufdiagramms dargestellt ist, es jedoch auch möglich ist, dass Schritt S7 und der hierdurch potentiell ausgelöste Schritt S9 parallel und unter Umständen auch mit höherer Wiederholungsrate als die übrigen Schritte ausgeführt werden, um ein schnelles Eingreifen der Motor-Schlupf-Regelung 10 zu ermöglichen.

[0057] Ist die Auslösebedingung 28 nicht erfüllt, so erfolgt in Schritt S8 eine Ansteuerung der Antriebsmaschinen 2, 3 gemäß der Sollmomente 26, 27. Ist die Auslösebedingung 28 hingegen erfüllt, so wird einerseits der Erhöhungsbetrag 7 bzw. die Moment-

vorgabe 27 für die zweite Antriebsmaschine 3 reduziert, so dass der Lastpunkt der ersten Antriebsmaschine 2 weniger erhöht wird, bzw. der generatorische Betrieb wird insbesondere vollständig abgebrochen und ergänzend kann die erste Antriebsmaschine 2 zur Erhöhung des bereitgestellten Drehmoments angesteuert werden, so dass ein allzu starker Schlupf der Räder 4 aufgrund von hohen negativen Drehmomenten vermieden werden kann.

[0058] Wie bereits im allgemeinen Teil erläutert wurde, soll zumindest die Auswertung 17 der Fehlerbedingung 9 bzw. die Begrenzung 18 des Erhöhungsbetrages 7 auf den jeweiligen Grenzwert 8, 11 und somit letztlich auch die Vorgabe 19 der Sollmomente 26, 27 mit hoher Integritätsanforderung implementiert werden, während die Integritätsanforderungen für die Erfassung des Ist-Drehmoments 21 bzw. für die Motor-Schlupf-Regelung 10 geringer sein können. Die genannten Funktionen können daher durch eine Teileinrichtung 16 der Steuereinrichtung 6 mit besonders hoher Integrität, beispielsweise durch Nutzung geeigneter Redundanzen, gebildet werden, wobei beispielsweise die Motor-Schlepp-Regelung auch mit einer Teileinrichtung 15 der Steuereinrichtung 6 mit geringer Integritätsanforderung implementiert sein kann.

[0059] Durch das erfindungsgemäße Vorgehen können im Kraftfahrzeug 1 bzw. in dem mit Bezug auf **Fig.** 2 erläuterten Verfahren immer dann, wenn die Motor-Schlupf-Regelung 10 voll funktionsfähig ist, also in nahezu allen Fahrzeugen über ihre gesamte Betriebszeit, höhere generatorische Lastpunktverschiebungen für die erste Antriebsmaschine 2 genutzt werden, womit die Gesamteffizienz des Betriebs des Kraftfahrzeugs 1 erhöht werden kann.

[0060] **Fig.** 3 zeigt beispielhaft eine erste Testfahrsituation 29, in der bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine 2 auf null, während der Erhöhungsbetrag 7 auf den ersten Grenzwert 8 gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung des Kraftfahrzeugs nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt. Das Kraftfahrzeug wird hierbei entlang eines Abschnitts einer Kreisbahn 31 geführt, wobei die Geschwindigkeit 33 des Kraftfahrzeugs 1 und der Radius 32 der Kreisbahn 31 derart gewählt sind, dass das Verhältnis zwischen einer zur Führung des Kraftfahrzeugs 1 auf der Kreisbahn 31 erforderlichen Zentripetalkraft 34 und dem Produkt einer durch die Räder 4 des Kraftfahrzeugs 1 auf eine befahrene Fahrbahn 37 übertragenen Normalkraft mit dem Reibungskoeffizienten der Haftreibung zwischen den Reifen 4 des Kraftfahrzeugs 1 und der Fahrbahn 37 ein vorgegebenes Sollverhältnis annimmt. In der ersten Fahrsituation wir z. B. eine nasse Fahrbahn genutzt, womit z.B. ein Reibungskoeffizient zwischen 0,7 und 0,9 resultiert. Das Sollverhältnis kann im Bereich zwischen 0,65 und 0,85 liegen. Der Grenzwert 8 bzw. der Erhöhungsbetrag 7 kann nun in aufeinanderfolgenden Fahrversuchen bzw. Simulationsläufen ausgehend von z.B. null schrittweise erhöht werden, bis es zu einer Destabilisierung des Kraftfahrzeugs kommt. Eine Destabilisierung wird genau dann erkannt, wenn eine Sekunde nach der Reduzierung des Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine auf null bzw. des Aufschaltens des Momentfehlers einerseits eine Gierratenabweichung der Gierrate 36 des Kraftfahrzeugs um seine Hochachse von jener Gierrate, die aus dem Befahren der Kreisbahn resultieren würde, einen Grenzwert von 4°/s überschreitet und/oder andererseits ein Abstand 35 des Kraftfahrzeugs, insbesondere des Schwerpunkts 30 des Kraftfahrzeugs, von der Kreisbahn 31 größer ist als 50 cm ist.

[0061] Der erste Grenzwert wird zudem so gewählt, dass bei einer Testfahrsituation auf trockener Fahrbahn keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs erfolgt.

[0062] Die erläuterte Wahl des ersten Grenzwertes, sodass eine Destabilisierung bei Nässe zulässig ist, ist, wie bereits im allgemeinen Teil erläutert wurde, insbesondere dann zweckmäßig, wenn die Motor-Schlupf-Regelung eine Integrität gemäß ASIL-C aufweist. Weist die Motor-Schlupf-Regelung hingegen eine Integrität gemäß ASIL-B auf, ist es typischerweise zweckmäßig, in der ersten Testfahrsituation eine Fahrt auf Schnee oder Eis durchzuführen bzw. zu simulieren und den ersten Grenzwert so zu wählen, dass bei einer dritten Testfahrsituation auf nasser Fahrbahn keine Destabilisierung resultiert.

[0063] Der zweite Grenzwert wird vorzugsweise so gewählt, dass in der ersten Testfahrsituation bzw. bei einer Fahrt auf Schnee bzw. Eis keine Destabilisierung resultiert.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102014210537 A1 [0007]

Patentansprüche

1. Kraftfahrzeug mit einer ersten Antriebsmaschine (2), die insbesondere eine Verbrennungskraftmaschine ist, und einer als elektrische Maschine (3) ausgebildeten zweiten Antriebsmaschine, wobei eine Steuereinrichtung (6) des Kraftfahrzeugs (1) dazu eingerichtet ist, den Betrieb der ersten und zweiten Antriebsmaschine (2, 3) in wenigstens einem Betriebsmodus des Kraftfahrzeugs (1) derart zu steuern, dass die erste Antriebsmaschine (2) das Kraftfahrzeug (1) antreibt, wobei die zweite Antriebsmaschine (3) als Generator betrieben wird, wodurch der Lastpunkt der ersten Antriebsmaschine (2) um einen Erhöhungsbetrag (7) erhöht wird, wobei in einem Normalbetrieb der Erhöhungsbetrag (7) durch einen ersten Grenzwert (8) begrenzt ist und eine Motor-Schlupf-Regelung (10) des Kraftfahrzeugs (1) aktiviert ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Grenzwert (8) derart gewählt ist, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine (2) auf null, während der Erhöhungsbetrag (7) auf den ersten Grenzwert (8) gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung (10) des Kraftfahrzeugs (1) nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer ersten Testfahrsituation (29) eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt und in einer zweiten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt, wenn das Kraftfahrzeug (1) in der ersten und zweiten Testfahrsituation (29) jeweils entlang eines Abschnitts einer Kreisbahn (31) geführt wird, wobei die Geschwindigkeit (33) des Kraftfahrzeugs (1) und der Radius (32) der Kreisbahn (31) derart gewählt sind, dass das Verhältnis zwischen einer zur Führung des Kraftfahrzeugs (1) auf der Kreisbahn (31) erforderlichen Zentripetalkraft (34) und dem Produkt einer durch die Räder (4) des Kraftfahrzeugs (1) auf eine befahrene Fahrbahn (37) übertragenen Normalkraft mit dem Reibungskoeffizienten der Haftreibung zwischen den Reifen (4) des Kraftfahrzeugs (1) und der Fahrbahn (37) ein vorgegebenes Sollverhältnis annimmt, wobei in der ersten Testfahrsituation (29) der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,9 und das Sollverhältnis zwischen 0,65 und 0,9 ist und in der zweiten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,9 und 1,1 und das Sollverhältnis zwischen 0,4 und 0, 6 ist.

2. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der ersten Testfahrsituation (29) entweder der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,6 und das Sollverhältnis zwischen 0,7 und 0,9 ist oder der Reibungskoeffizient zwischen 0,7 und 0,9 und das Sollverhältnis zwischen 0,65 und 0,85 ist.

3. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der ersten Testfahrsituation (29) der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,6 und das Sollverhältnis zwischen 0,7 und 0,9 ist, wobei der erste Grenzwert (8) derart gewählt ist, dass bei der Reduzierung des Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine (2) auf null, während der Erhöhungsbetrag (7) auf den ersten Grenzwert (8) gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung (10) des Kraftfahrzeugs (1) nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer dritten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt, wobei das Kraftfahrzeug in der dritten Testfahrsituation entlang dem Abschnitt der Kreisbahn (31) geführt wird, wobei der Reibungskoeffizient zwischen 0,7 und 0,9 und das Sollverhältnis zwischen 0,65 und 0,85 ist.

4. Kraftfahrzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (6) dazu eingerichtet ist, eine Fehlerbedingung (9) zu prüfen, deren Erfüllung eine Fehlfunktion oder einen inaktiven Zustand der Motor-Schlupf-Regelung (10) indiziert, und bei Erfüllung der Fehlerbedingung (9) in einen Fehlerbetrieb zu wechseln, in dem der Erhöhungsbetrag (7) durch einen zweiten Grenzwert (11), der kleiner als der erste Grenzwert (8) ist, begrenzt ist.

5. Kraftfahrzeug nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Grenzwert derart gewählt ist, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine (2) auf null, während der Erhöhungsbetrag (7) auf den zweiten Grenzwert (11) gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung (10) des Kraftfahrzeugs (1) nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in der ersten Testfahrsituation (29) keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt.

6. Kraftfahrzeug nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Grenzwert derart gewählt ist, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine (2) auf null, während der Erhöhungsbetrag (7) auf den zweiten Grenzwert (11) gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung (10) des Kraftfahrzeugs (1) nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer vierten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt, wobei das Kraftfahrzeug in der vierten Testfahrsituation entlang dem Abschnitt der Kreisbahn (31) geführt wird, wobei der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,6 und das Sollverhältnis zwischen 0,7 und 0,9 ist.

7. Kraftfahrzeug nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (6) oder zumindest eine Teileinrichtung (16) der Steuereinrichtung (6), die die Auswertung (17) der Fehlerbedingung (9) und/oder die Begrenzung (18) des Erhöhungsbetrags (7) auf den zweiten Grenzwert (11) implementiert, mit höheren Integ-

ritätsanforderungen implementiert ist als die Steuerung und/oder Überwachung von durch die erste Antriebsmaschine (2) bereitgestellten Drehmomenten und/oder die Motor-Schlupf-Regelung (10).

8. Kraftfahrzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Motor-Schlupf-Regelung (10) derart ausgebildet ist, dass bei einem Ansprechen der Motor-Schlupf-Regelung (10) zur Reduzierung des Radmoments (12) der Erhöhungsbetrag (7) reduziert, insbesondere auf null reduziert, wird.

9. Kraftfahrzeug nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erfüllung der Fehlerbedingung (9) und/oder das Ansprechen der Motor-Schlupf-Regelung von einer Raddrehzahl (13) wenigstens eines Rades (4) abhängt, die über einen jeweiligen Raddrehzahlsensor (14) erfasst wird.

10. Kraftfahrzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (6) zur Vorgabe des Erhöhungswertes (7) in Abhängigkeit einer Gesamtmomentanforderung (12), die insbesondere durch eine Bedieneingabe eines Fahrers an einem Bedienmittel (20) und/oder durch ein System (23) zur zumindest teilautomatisierten Führung des Kraftfahrzeugs (1) vorgebbar ist, eingerichtet ist.

11. Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeugs (1) mit einer ersten Antriebsmaschine (2), die insbesondere eine Verbrennungskraftmaschine ist, und einer als elektrische Maschine ausgebildeten zweiten Antriebsmaschine (3), wobei der Betrieb der ersten und zweiten Antriebsmaschine (2) derart gesteuert wird, dass die erste Antriebsmaschine (2) das Kraftfahrzeug (1) antreibt, wobei die zweite Antriebsmaschine (3) als Generator betrieben wird, wodurch der Lastpunkt der ersten Antriebsmaschine (2) um einen Erhöhungsbetrag (7) erhöht wird, wobei in einem Normalbetrieb der Erhöhungsbetrag (7) durch einen ersten Grenzwert (8) begrenzt wird und eine Motor-Schlupf-Regelung (10) des Kraftfahrzeugs (1) aktiv ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Grenzwert (8) derart gewählt ist oder wird, dass bei einer Reduzierung eines Antriebsmoments der ersten Antriebsmaschine (2) auf null, während der Erhöhungsbetrag (7) auf den ersten Grenzwert (8) gesetzt ist und zugleich die Motor-Schlupf-Regelung (10) des Kraftfahrzeugs (1) nicht aktiv oder nicht funktionsfähig ist, in einer ersten Testfahrsituation (29) eine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt und in einer zweiten Testfahrsituation keine Destabilisierung des Kraftfahrzeugs (1) erfolgt, wenn das Kraftfahrzeug (1) in der ersten und zweiten Testfahrsituation jeweils entlang eines Abschnitts einer Kreisbahn (31) geführt wird, wobei die Geschwindigkeit (33) des Kraftfahrzeugs (1) und der Radius (32) der Kreisbahn (31) derart gewählt sind, dass das Verhältnis zwischen einer zur Führung des Kraftfahrzeugs auf der Kreisbahn erforderlichen Zentripetalkraft (34) und dem Produkt einer durch die Räder (4) des Kraftfahrzeugs (1) auf eine befahrene Fahrbahn (37) übertragenen Normalkraft mit dem Reibungskoeffizienten der Haftreibung zwischen den Reifen (4) des Kraftfahrzeugs (1) und der Fahrbahn (37) ein vorgegebenes Sollverhältnis annimmt, wobei in der ersten Testfahrsituation (29) der Reibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,9 ist und das Sollverhältnis zwischen 0,65 und 0,9 ist und in der zweiten Testfahrsituation der Reibungskoeffizient zwischen 0,9 und 1,1 und das Sollverhältnis zwischen 0,4 und 0, 6 ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Fehlerbedingung (9) geprüft wird, deren Erfüllung eine Fehlfunktion oder einen inaktiven Zustand der Motor-Schlupf-Regelung (10) indiziert, wobei bei Erfüllung der Fehlerbedingung (9) in einen Fehlerbetrieb gewechselt wird, in dem der Erhöhungsbetrag (7) durch einen zweiten Grenzwert (11), der kleiner als der erste Grenzwert (8) ist, begrenzt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Erhöhungsbetrag (7) für zumindest ein Teilintervall des Zeitintervalls, innerhalb dem ein Normalbetrieb erfolgt, den zweiten Grenzwert (11) übersteigt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

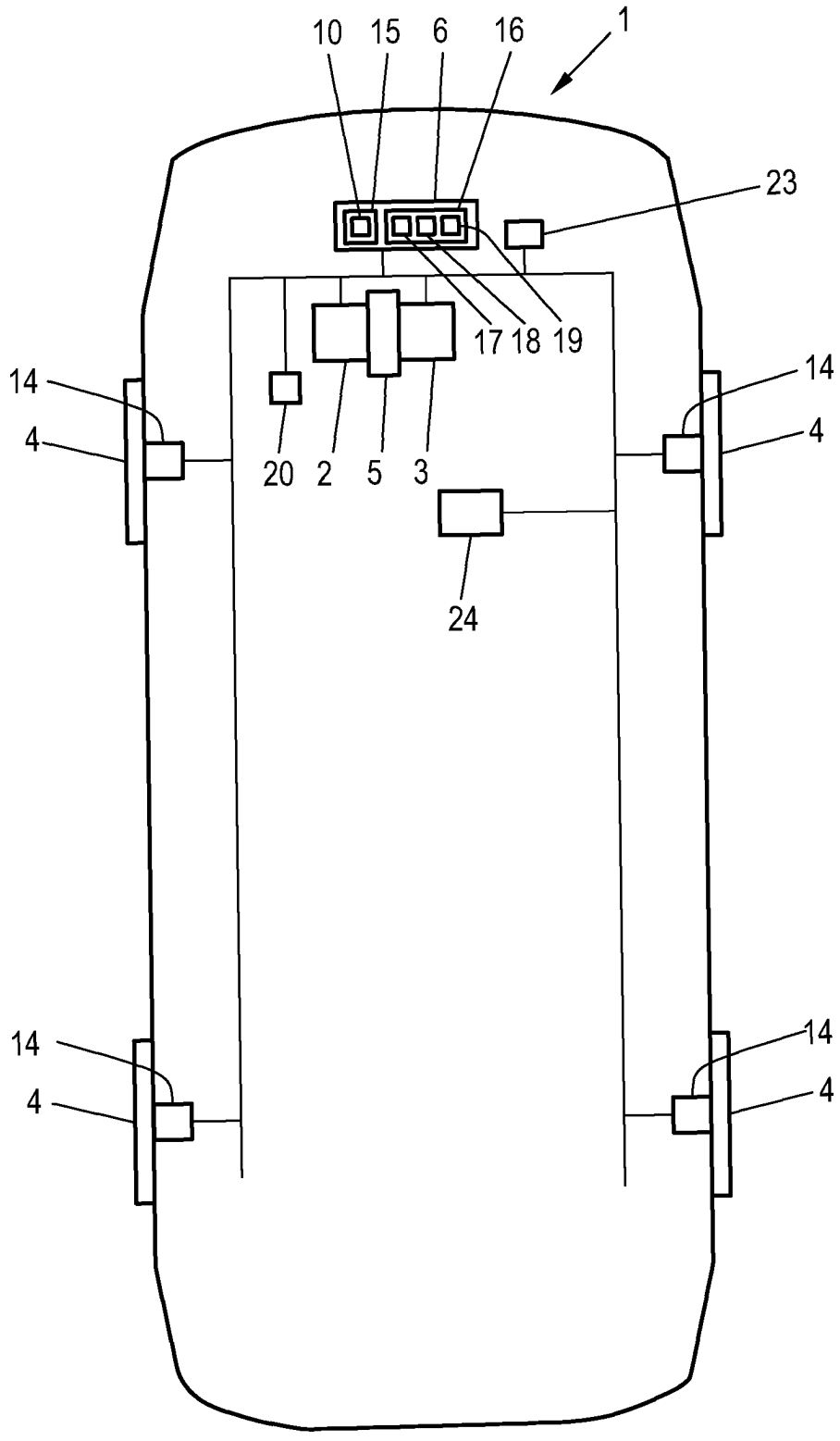


FIG. 2

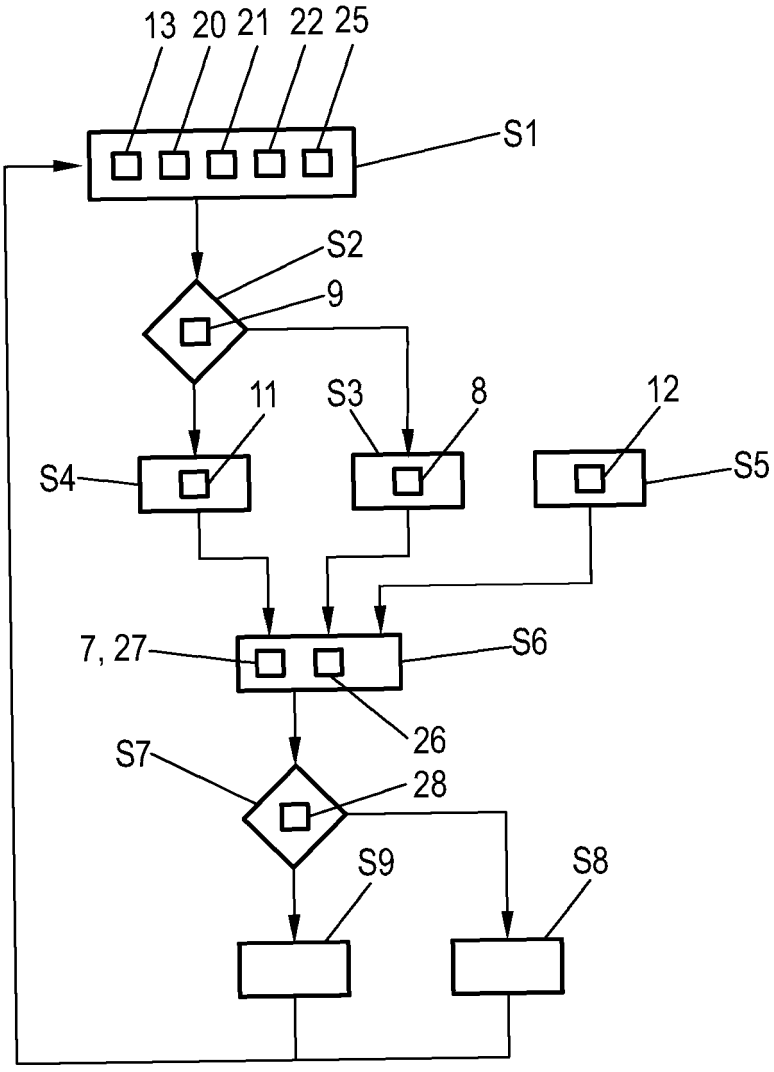
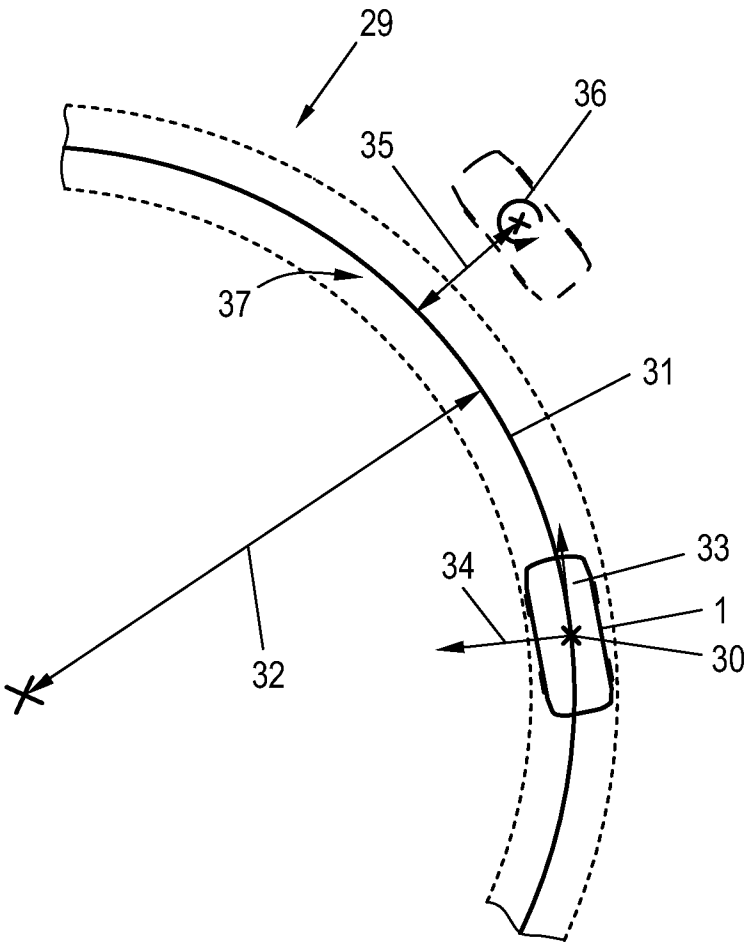


FIG. 3



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.