



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 17 741 T2** 2007.12.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 236 620 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B60R 21/01** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 17 741.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 251 442.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **01.03.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.09.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **24.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.12.2007**

(30) Unionspriorität:

272611 P 01.03.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, SE

(73) Patentinhaber:

**Automotive Systems Laboratory Inc., Farmington
Hills, Mich., US**

(72) Erfinder:

**Watson, W. Todd, Belleville, Michigan 48111, US;
Riggs, Alan, Ann Arbor, Michigan 48108, US**

(74) Vertreter:

**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München**

(54) Bezeichnung: **Überrolldetektionssystem für Kraftfahrzeuge**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Überrollerfassungssystem.

[0002] Die WO 98/29280 offenbart ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0003] Die DE-A-196 09 176 offenbart ein Kipperfassungsverfahren, das auf Messungen von Beschleunigungssensoren entlang der Gier-, Roll- und Nickachse und auf zumindest eine Messung der Kippwinkelgeschwindigkeit von zumindest einem Rotationsratensensor reagiert.

[0004] Die GB-A-2,314,187 offenbart ein Verfahren zum Erfassen eines Kippens eines Fahrzeuges, das die Erfassung des Kippwinkels und der Kippwinkelgeschwindigkeit umfasst.

[0005] Die DE-A-196 09 717 offenbart ein Verfahren, das eine Drehung um die Gier-, Roll- und Nickachse erfasst und bei dem eine Winkelgeschwindigkeit über einem vorbestimmten Schwellenwert eine Erfassung eines Überrollens anzeigt.

[0006] Die DE-A-196 09 717 offenbart ein Verfahren, das eine Drehung um alle drei Achsen erfasst und bei dem eine Winkelgeschwindigkeit über einem vorbestimmten Schwellenwert eine Erfassung eines Überrollens anzeigt.

[0007] Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug, das Folgendes umfasst: (a) Vorsehen einer Erfassung eines Maßes einer Querschleunigung des Fahrzeuges; (b) Vorsehen einer Erfassung eines Maßes einer Winkelgeschwindigkeit des Fahrzeuges; (c) Vorsehen einer Bestimmung eines Anfangszeitpunktes in Reaktion auf das zumindest eine Maß der Querschleunigung und des Maßes der Winkelgeschwindigkeit; (d) Vorsehen einer Bestimmung einer Zeitspanne, die mit dem Anfangszeitpunkt beginnt; und (e) Vorsehen einer Bestimmung eines Schwellenwertes eines Bewertungskriteriums; gekennzeichnet durch (f) Vorsehen einer Bestimmung des Bewertungskriteriums in Reaktion auf das Maß der Querschleunigung und das Maß der Winkelgeschwindigkeit; und (g) Vorsehen einer Erfassung des Überrollzustandes durch Vergleichen des Bewertungskriteriums mit dem Schwellenwert des Bewertungskriteriums; wobei der Schwellenwert des Bewertungskriteriums entweder eine Funktion der Zeitspanne oder eine Konstante ist.

[0008] In den begleitenden Zeichnungen gilt:

[0009] [Fig. 1a](#) stellt eine Rückansicht eines Fahrzeuges vor dem Anfang eines Überrollereignisses dar;

[0010] [Fig. 1b](#) stellt eine Rückansicht eines Fahrzeuges während eines Überrollereignisses dar;

[0011] [Fig. 2](#) stellt ein Blockdiagramm eines Überrollerfassungssystems dar;

[0012] [Fig. 3](#) stellt ein Flussdiagramm eines Überrollerfassungsalgorithmus dar;

[0013] [Fig. 4](#) stellt ein Flussdiagramm einer Datenerfassung und eines Vorverarbeitungsalgorithmus dar, die von dem Überrollerfassungsalgorithmus umfasst werden;

[0014] [Fig. 5](#) stellt ein Flussdiagramm eines Sicherungsalgorithmus dar, der von dem Überrollerfassungsalgorithmus umfasst wird;

[0015] [Fig. 6](#) stellt ein Flussdiagramm des Überrollerfassungsalgorithmus dar;

[0016] [Fig. 7](#) stellt ein Flussdiagramm eines Algorithmus dar, der von dem Überrollerfassungsalgorithmus zum Bestimmen, ob eine Sensorkalibrierung erforderlich ist, umfasst wird;

[0017] [Fig. 8a](#), [Fig. 8b](#) und [Fig. 8c](#) sind Tabellen, die Details des Überrollerfassungsalgorithmus darstellen;

[0018] [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) sind Tabellen, die Beispiele von Parameterwerten des Überrollerfassungsalgorithmus darstellen;

[0019] [Fig. 10](#) stellt eine Tabelle von Zuständen dar, die verschiedenen Überrollereignissen und Nicht-Über-

rollereignissen zugeordnet sind;

[0020] [Fig. 11a](#) stellt ein Diagramm einer gefilterten Kipprate, eines Kippwinkels und einer gefilterten Querschleunigung eines Fahrzeuges dar, das einem Korkenzieherüberrollversuch unterzogen wird, der als Versuch A bezeichnet wird und zu einem Überrollereignis führt;

[0021] [Fig. 11b](#) stellt ein Diagramm einer gefilterten Kipprate, eines Kippwinkels und einer gefilterten Querschleunigung eines Fahrzeuges dar, das einem Korkenzieherüberrollversuch unterzogen wird, der als Versuch B bezeichnet wird und zu keinem Überrollereignis führt;

[0022] [Fig. 11c](#) stellt ein Diagramm einer gefilterten Kipprate, eines Kippwinkels und einer gefilterten Querschleunigung eines Fahrzeuges dar, das einem Verzögerungsschlitterversuch unterzogen wird, der als Versuch C bezeichnet wird und zu keinem Überrollereignis führt;

[0023] [Fig. 11d](#) stellt ein Diagramm einer gefilterten Kipprate, eines Kippwinkels und einer gefilterten Querschleunigung eines Fahrzeuges dar, das einem Verzögerungsschlitterversuch unterzogen wird, der als Versuch D bezeichnet wird und zu einem Überrollereignis führt;

[0024] [Fig. 12](#) stellt Diagramme eines Bewertungskriteriums und eines zugeordneten Auslöseschwellenwerts für ein Überrollmaß als Funktion der Zeit gemäß einem Maßalgorithmus für das Überrollereignis des Versuchs D und für das Nicht-Überrollereignis des Versuchs C dar;

[0025] [Fig. 13](#) stellt ein Diagramm der Kipprate als Funktion der Zeit für ein Signal mit einem Kippraten-Offset dar;

[0026] [Fig. 14](#) stellt Diagramme des Kippwinkels als eine Funktion der Zeit basierend auf den Daten von [Fig. 13](#) für verschiedene zugeordnete Verfahren zur Erfassung des Kippwinkels aus der Kipprate dar; und

[0027] [Fig. 15](#) stellt Diagramme der Kipprate als Funktion des Kippwinkels und Diagramme von zugeordneten Überrollschwellenwerten gemäß einem Energiealgorithmus für das Überrollereignis des Versuchs A und des Nicht-Überrollereignisses des Versuchs B dar.

[0028] Es besteht ein Bedarf nach einem Fahrzeugüberrollerfassungssystem, das eine ausreichend schnelle Unterscheidung eines Überrollens eines Fahrzeuges bereitstellt, um zu ermöglichen, dass zugeordnete Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen, z.B. Sicherheitsgurtvorspanneinrichtungen, Airbags oder Überrollvorhänge, vor einer anfänglichen Berührung des Kopfes mit dem Inneren des Fahrzeuges, insbesondere bei den Typen von Überrollvorgängen, die relativ schnelle Kopfraumeinengungszeiten (head closure times) nach sich ziehen, ausgelöst werden. Es gibt beispielsweise einige Überrollereignisse, bei denen die Kopfraumeinengung auftreten kann, bevor aus der Physik des Kippereignisses zuverlässig bestimmt werden kann, ob das Fahrzeug vollständig überrollen wird. Es besteht ferner ein Bedarf nach einem robusten Fahrzeugüberrollerfassungssystem, das eine ausreichend schnelle Unterscheidung eines Überrollens eines Fahrzeuges in Reaktion auf entweder relativ langsame oder relativ schnelle Überrollereignisse bereitstellt.

[0029] Bezugnehmend auf [Fig. 1a](#) ist ein Überrollerfassungssystem **10** zu sehen, das in einem Fahrzeug **12** angebracht ist. Das Fahrzeug **12** ist mit einem lokalen kartesischen Koordinatensystem gezeigt, wobei die X-Achse mit der Längsachse des Fahrzeuges – die positive Richtung zeigt nach vorne – ausgerichtet ist, die Y-Achse mit der Querachse des Fahrzeuges – die positive Richtung zeigt nach links – ausgerichtet ist und die Z-Achse mit der Vertikalachse des Fahrzeuges – die positive Richtung zeigt nach oben – ausgerichtet ist. Das Fahrzeug **12** hat eine Masse M , und dessen zugehöriger Schwerpunkt CG ist bei einer Höhe Z_0 über dem Boden angeordnet. Es wird gezeigt, dass das Fahrzeug **12** mit einer Geschwindigkeit U in der negativen Y-Richtung auf ein Hindernis **14** zuschlittert.

[0030] Es wird auf [Fig. 1b](#) Bezug genommen. Sobald ein Rad **16** oder mehrere Räder **16** des Fahrzeuges **12** mit dem Hindernis **14** zusammenwirken, verursacht die daraus resultierende Reaktionskraft F , dass sich das Fahrzeug **12** um die X-Achse relativ zu einem Bewegungspunkt **13** mit einer zeitabhängigen Winkelgeschwindigkeit $\omega_x(t)$ bewegt, was eine zeitabhängige Winkelposition $\theta(t)$ verursacht, wobei das Fahrzeug **12** ein Trägheitsmoment I_x um die zugeordnete Drehachse aufweist, die parallel zur X-Achse ist und den Bewegungspunkt **13** schneidet. Die Drehung des Fahrzeuges **12** erhöht die Höhe Z_{CG} des Schwerpunktes relativ zu dessen Höhe Z_0 vor dem Zusammenwirken mit dem Hindernis **14**, was so die Potentialenergie $M \cdot g \cdot (Z_{CG} - Z_0)$ des Fahrzeuges **12** relativ zur Position und zur Orientierung vor dem Zusammenwirken erhöht. Demgemäß hängt die Po-

tentialenergie des Fahrzeuges **12** von dessen Winkelposition θ ab. Das Fahrzeug **12** erhält außerdem mit der Drehung eine winkelbasierte kinetische Energie von

$$I_x \cdot \frac{\omega_x^2}{2}.$$

Die Reaktionskraft F verursacht auch eine lineare Beschleunigung $A = \frac{F}{M}$ des Schwerpunktes CG, wie durch den Querbeschleunigungsanteil $A_y(t)$ entlang der lokalen Y-Achse angezeigt wird. Obwohl [Fig. 1a](#) und 1b ein Überrollereignis darstellen, das durch den Aufprall eines schlitternden Fahrzeuges auf ein Hindernis verursacht wird, versteht es sich, dass Kippereignisse durch andere Szenarien verursacht werden können, beispielsweise durch ein Platzen eines Reifens gefolgt von einem anschließenden Zusammenwirken des zugehörigen Felgenkranzes mit dem Boden. Demgemäß ist das Überrollerfassungssystem **10** nicht auf einen bestimmten Typ von Kippereignis beschränkt.

[0031] Unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) umfasst das Überrollerfassungssystem **10** ein Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** und einen Winkelratensensor **20**, die vorzugsweise aber nicht notwendigerweise in der Nähe des Schwerpunktes CG des Fahrzeuges **12** angeordnet sind. Die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** spricht auf einen zeitabhängigen Querbeschleunigungsanteil $A_y(t)$ der Beschleunigung entlang der lokalen Y-Achse an. Die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** kann beispielsweise eine Beschleunigungsmesseinrichtung, z.B. eine mikrobearbeitete Beschleunigungsmesseinrichtung mit zumindest einer Empfindlichkeitsachse, aufweisen, wobei eine Empfindlichkeitsachse im Wesentlichen mit der lokalen Y-Achse ausgerichtet ist. Der Winkelratensensor **20**, beispielsweise ein Gyroskop, ist derart ausgerichtet, dass er auf einen zeitabhängigen Anteil der Winkelgeschwindigkeit $\omega_x(t)$ um die lokale X-Achse anspricht. Die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** und der Winkelratensensor **20** sind mit einem Filter **22** bzw. **24** gekoppelt, die das Signal $A_y(t)$ bzw. $\omega_x(t)$ zur Verarbeitung durch einen Prozessor **26** mit einem Speicher **28** filtern. Es versteht sich, dass die Filter **22**, **24** entweder von dem Prozessor **26** getrennt sein können oder von diesem umfasst sein können und dass sie entweder analog oder digital oder eine Kombination daraus sein können, wie dem Fachmann bekannt ist. Außerdem können die Filter **22**, **24** derart ausgebildet sein, dass sie Teil der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** bzw. des Winkelratensensors **20** sind. Der Prozessor **26** verarbeitet die gefilterten Signale $A_y(t)$ bzw. $\omega_x(t)$, um zu unterscheiden, ob es wahrscheinlich ist oder nicht, dass das Fahrzeug überrollen wird, und um in Reaktion darauf die Betätigung geeigneter Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** zu steuern, um eine durch das Überrollen verursachte Verletzung eines Insassen des Fahrzeuges **12** zu verringern. Der Prozessor **26** kann beispielsweise einen digitalen Computer, einen Mikroprozessor oder eine andere programmierbare Einrichtung, einen Analogprozessor, eine Analogschaltung oder eine Digitalschaltung oder eine Kombination daraus umfassen. Außerdem können die Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** eine Sicherheitsgurtvorspanneinrichtung **32**, die mit einem Sicherheitsgurt **34** betriebsmäßig verbunden ist, eine Thorax-Airbag-Aufblaseinrichtung **36**, die dazu ausgebildet ist, sowohl einen Schutz bei einem Überrollunfall als auch einem Seitenaufprallunfall bereitzustellen, einen Kippvorhang **38**, der dazu ausgebildet ist, zwischen dem Insassen und dem Seitenfenster **39** des Fahrzeuges **12** auszufahren, oder eine Überkopfairbag-aufblaseinrichtung **40**, die dazu ausgebildet ist, einen Airbag vom Dach oder vom Himmel des Fahrzeuges **12** auszufahren, aufweisen, ohne aber darauf beschränkt zu sein. Obwohl [Fig. 2](#) die Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** für eine Sitzposition des Fahrzeuges **12** darstellt, versteht es sich, dass die Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** bei jeder Sitzposition bereitgestellt werden können und dass das Überrollerfassungssystem **10** dazu ausgebildet sein kann, eine beliebige oder alle Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** in Reaktion auf Überrollvorgänge in einer beliebigen Richtung zu steuern, für die die zugeordnete Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** dazu ausgebildet sind, eine Verletzung eines Insassen zu reduzieren. Außerdem müssen der spezielle Satz von Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** nicht notwendigerweise alle der zuvor beschriebenen Typen umfassen oder kann andere Typen von Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** umfassen, die hierin nicht zuvor beschrieben wurden.

[0032] Es wird auf [Fig. 3](#) Bezug genommen. Gemäß einer Ausführungsform eines Überrollerfassungsalgorithmus **100** zum Erfassen eines Überrollens eines Fahrzeuges und zum Steuern der Betätigung einer oder mehrerer Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** – z.B. gemäß der in [Fig. 2](#) dargestellten Vorrichtung – umfasst die Kombination aus einer Datenerfassung und einem Vorverarbeitungsalgorithmus **150**, einen Maßalgorithmus **300.1**, einen Energiealgorithmus **300.2**, einen Sicherungsalgorithmus **200** und eine zugehörige Logik **330'**, **340**, die ein Signal **342** erzeugt, das in Reaktion darauf die Betätigung der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** steuert.

[0033] Der Maßalgorithmus **300.1** verwendet ein heuristisches Unterscheidungsverfahren in der Zeitdomäne, um einen Überrollzustand zu erfassen und kann beim Verkürzen der Auslösezeiten für die meisten Überroller-

eignisse behilflich sein, die durch relativ schnelle Kopfraumeinengungszeiten (beispielsweise < 250 msec) gekennzeichnet sind, die typischerweise größeren seitlichen Fahrzeugkräften zugeordnet sind. Der Maßalgorithmus **300.1** verwendet sowohl das gefilterte Querschleunigungsanteilssignal \ddot{A}_y als auch das gefilterte Winkelgeschwindigkeitssignal $\dot{\omega}_x$, um eine Funktion auszuwerten, die mit einem Schwellenwert verglichen wird, der zusammen mit anderen Kriterien verwendet wird, um eine Auslöseentscheidung zu treffen.

[0034] Der Energiealgorithmus **300.2** verwendet ein Phasenraumunterscheidungsverfahren – das auf der einem Fahrzeugüberrollvorgang zugeordneten Physik basiert – um einen Überrollzustand zu erfassen und kann beim Bereitstellen zuverlässiger Auslöseentscheidungen bei langsameren Überrollzuständen hilfreich sein, die hauptsächlich durch Vertikalkräfte auf das Fahrzeug oder durch Seitenkräfte mit geringer Größe auf das Fahrzeug **12** verursacht werden. Der Energiealgorithmus **300.2** verwendet das gefilterte Winkelgeschwindigkeitssignal $\dot{\omega}_x$, um den Kippzustand des Fahrzeuges **12** zu bestimmen und um dessen Momentangesamtenergie (kinetische Rotationsenergie und Potentialenergie) mit derjenigen zu vergleichen, die erforderlich ist, um zu verursachen, dass das Fahrzeug **12** über eine zugeordnete Gleichgewichtsposition weiter überrollt. Der Energiealgorithmus **300.2** verwendet sowohl das gefilterte Querschleunigungsanteilssignal \ddot{A}_y als auch das gefilterte Winkelbeschleunigungssignal $\ddot{\omega}_x$ bei den zugeordneten Eintritts- und Austrittskriterien.

[0035] Obwohl [Fig. 3](#) darstellt, dass der Maßalgorithmus **300.1** und der Energiealgorithmus **300.2** zusammen verwendet werden, versteht es sich, dass dies nicht wesentlich ist und dass der Maßalgorithmus alleine verwendet werden kann. Jedoch erhöht die Kombination der Algorithmen die Robustheit des zugeordneten Überrollerfassungssystems **10**, weil bei einigen Zuständen, beispielsweise den "Randsteinanfahr"-Zuständen, der Maßalgorithmus **300.1** eine schnellere Unterscheidung als der Energiealgorithmus **300.2** bereitstellen kann, wogegen bei anderen Zuständen, beispielsweise den "Korkenzieher"-, "Rampen"- oder "Umkippen"-Zuständen, der Energiealgorithmus **300.2** eine schnellere Unterscheidung als der Maßalgorithmus **300.1** bereitstellen kann.

[0036] Der Maßalgorithmus **300.1** und der Energiealgorithmus **300.2** sind voneinander unabhängig, obwohl sie jeweils gemeinsame gefilterte Daten von der Datenerfassung und dem Verarbeitungsalgorithmus **150**, d.h. einen gefilterten Querschleunigungsanteil \ddot{A}_y und eine gefilterte Winkelgeschwindigkeit $\dot{\omega}_x$, verwenden. Sowohl der Maßalgorithmus **300.1** als auch der Energiealgorithmus **300.2** sind durch zugeordnete Eintritts- und Austrittskriterien gekennzeichnet, wobei die dem entsprechenden Algorithmus zugeordneten Berechnungen begonnen werden, falls die entsprechenden zugeordneten Eintrittskriterien erfüllt sind und diese Berechnungen werden beendet, falls die entsprechenden zugeordneten Austrittskriterien erfüllt sind, und anschließend zurückgesetzt, falls und wenn die Eintrittskriterien nachfolgend erfüllt sind.

[0037] Der Sicherungsalgorithmus **200** kann die Zuverlässigkeit des Überrollerfassungssystems **10** verbessern, indem ein unabhängiger Satz von Bedingungen oder Sicherungskriterien bereitgestellt wird – die von dem gefilterten Querschleunigungsanteil \ddot{A}_y und/oder von der gefilterten Winkelgeschwindigkeit $\dot{\omega}_x$ abhängen – die erfüllt sein müssen, damit das Auslösen einer oder mehrerer zugeordneter Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** ermöglicht wird. Sowohl der Maßalgorithmus **300.1** als auch der Energiealgorithmus **300.2** werden jeweils durch einen gemeinsamen Sicherungsalgorithmus **200** "abgesichert". Obwohl der Sicherungsalgorithmus **200** eine zusätzliche Unterscheidung bereitstellt, um gegen eine unerwünschte Betätigung der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** in Reaktion auf Nicht-Überrollereignisse vorzubeugen, versteht es sich, dass der Sicherungsalgorithmus **200** nicht wesentlich ist und dass entweder der Maßalgorithmus **300.1** oder der Energiealgorithmus **300.2** alleine oder in Kombination miteinander mit oder ohne Sicherungsalgorithmus **200** verwendet werden können.

[0038] Im Betrieb des Überrollerfassungsalgorithmus **100** werden in Reaktion auf Daten von der Datenerfassung und dem Vorverarbeitungsalgorithmus **150**, falls entweder der Maßalgorithmus **300.1** oder (ODER **330'**) der Energiealgorithmus **300.2** einen Fahrzeugüberrollzustand erfasst und (UND **340**) falls der Sicherungsalgorithmus **200** feststellt, dass ein zugeordneter unabhängiger Sicherungszustand erfüllt ist, dann im Schritt **350** eine oder mehrere Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** betätigt, ob das Fahrzeug **12** tatsächlich überrollt oder nicht, um eine Verletzung bei einem zugeordneten Insassen des Fahrzeuges abzuschwächen, die von dem Überrollereignis verursacht werden könnte.

[0039] Die Datenerfassung und der Vorverarbeitungsalgorithmus **150**, der Sicherungsalgorithmus **200**, der Maßalgorithmus **300.1** und der Energiealgorithmus **300.2** werden hierin nachstehend unter Bezugnahme auf die in [Fig. 3–Fig. 7](#) dargestellten Flussdiagramme beschrieben. [Fig. 6](#) stellt ein Flussdiagramm einer allgemeinen Algorithmenstruktur sowohl des Maßalgorithmus **300.1** als auch des Energiealgorithmus **300.2** dar, wobei die speziellen Details des Maßalgorithmus **300.1** und des Energiealgorithmus **300.2** in [Fig. 8a–c](#) im Tabellen-

format dargestellt werden. Die Algorithmen werden mathematisch beschrieben, wobei zum Anwenden spezieller Konstanten Parameter verwendet werden und diese Parameter in [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) zusammen mit Beispielwerten für einen speziellen Fahrzeugtyp aufgelistet sind. Es versteht sich, dass die Parameter im Allgemeinen an eine spezielle Anwendung, beispielsweise eine Fahrzeugplattform, angepasst sind und dass die speziellen Werte der Parameter in [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) lediglich veranschaulichend sind und nicht als den Bereich der vorliegenden Erfindung beschränkend aufzufassen sind.

[0040] Unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) erfasst die Datenerfassung und der Vorverarbeitungsalgorithmus **150** eine Messung des Querbeschleunigungsanteils A_y von der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** im Schritt **152** und erfasst eine Messung der Längswinkelgeschwindigkeit ω_x oder der Kipptrate von dem Winkelratensensor **20** im Schritt **158**. Die Daten von mehr als 100 Überrollversuchen zeigten, dass sich die einem Überrollen zugeordnete Winkelgeschwindigkeit ω_x im Allgemeinen in Bereichen zwischen +300 Grad/sec ($\pm|\omega_x^{\max}|$) und sich der dem Überrollen zugeordnete Querbeschleunigungsanteil $A_y(t)$ im Allgemeinen in einen Bereich zwischen +20 g ($\pm|\omega_x^{\max}|$) befindet. Entsprechende Messungen des Querbeschleunigungsanteils $A_y(t)$ und der Winkelgeschwindigkeit ω_x , die diese entsprechenden Grenzwerte überschreiten, werden an diesen in den Schritten **154** bzw. **160** entsprechend abgeschnitten. Beispielsweise würde der Wert einer Messung eines Querbeschleunigungsanteils $A_y(t)$, der weniger als -20 g beträgt, im Schritt **154** auf -20 g gesetzt werden, als Beispiel für einen zugeordneten Bereich von +20 g. Die Polaritäten der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** und des Winkelratensensors **20** sind so gesetzt, dass die entsprechenden Polaritäten der Signale der Winkelgeschwindigkeit ω_x und des Querbeschleunigungsanteils A_y während eines Kippereignisses zueinander gleich sind. Im Allgemeinen wird der Pegel $|A_y^{\max}|$ zum Begrenzen der Signale von der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** auf das Minimum aus entweder 20 g oder dem Bereich der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** festgelegt. Ähnlich wird der Pegel $|\omega_x^{\max}|$ zum Begrenzen der Signale von dem Winkelratensensor **20** auf das Minimum von entweder 300 Grad/sec oder dem Bereich des Winkelratensensors **20** festgelegt.

[0041] Die Rohdaten des Querbeschleunigungsanteils A_y und der Winkelgeschwindigkeit ω_x von der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** bzw. dem Winkelratensensor **20** werden durch entsprechende Filter **22**, **24** in den Schritten **156** bzw. **162** gefiltert, um einen gefilterten Querbeschleunigungsanteil \tilde{A}_y bzw. eine gefilterte Winkelgeschwindigkeit $\tilde{\omega}_x$ bereitzustellen. Die Verwendung gefilterter Messungen ist zum Vermeiden eines falschen Eintritts in den Kippunterscheidungsalgorithmus und beim Verbessern des zugeordneten Unterscheidungsverfahrens durch den Maßalgorithmus **300.1** und den Energiealgorithmus **300.2** hilfreich. Die Filter **22**, **24** sind beispielsweise Gleitende-Mittelwert-Filter mit einem gleitenden Mittelwertfenster von T_{Avg} , beispielsweise zwischen 10 und 15 msec, um einen geeigneten Kompromiss zwischen einer schnellen Signalantwort und einer Rauschreduzierung bereitzustellen. Beispielsweise würde bei einem Prozessor **26**, der die Signale der Winkelgeschwindigkeit ω_x und des Querbeschleunigungsanteils A_y – wie hierin nachstehend angenommen wird – mit einer Abtastrate von 2500 Hz (was einem Abtastintervall dt von 0,4 ms entspricht) und einem Fenster von 12,8 ms gleichmäßig abtastet, ein gleitender Mittelwert für jedes Signal aus den letzten 32 erfassten Abtastwerten berechnet werden. Die einzelnen Abtastwerte des gleitenden Mittelwertes werden typischerweise gleichmäßig gewichtet, aber sie könnten alternativ nicht gleichmäßig gewichtet werden.

[0042] Im Allgemeinen können die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** und der Winkelratensensor **20** einen Offsetfehler und/oder einen Driftfehler (die im Allgemeinen hierin als Sensoroffsetfehler bezeichnet werden) aufweisen, die, wenn sie nicht andernfalls kompensiert werden, darauf beruhende Kipperfassungsfehler verursachen können. Die Sensoroffsetfehler werden durch Filtern der zugeordneten Sensormessungen mit zugeordneten Filtern mit einer effektiven Grenzfrequenz gefiltert, die wesentlich niedriger ist – oder, anders ausgedrückt, mit einer effektiven Filterzeitkonstante, die wesentlich größer ist – als diejenige der zugeordneten zuvor beschriebenen Filter mit dem gleitenden Mittelwert, die einen gefilterten Querbeschleunigungsanteil \tilde{A}_y und die gefilterte Winkelgeschwindigkeit $\tilde{\omega}_x$ bereitstellen.

[0043] Beispielsweise werden der Beschleunigungsoffset $\tilde{A}_y^{\text{Offset}}$ und der Winkelgeschwindigkeitsoffset $\tilde{\omega}_x^{\text{Offset}}$ aus den zugeordneten Rohmessungen der Winkelgeschwindigkeit ω_x bzw. des Querbeschleunigungsanteils A_y durch entsprechende Filter mit einem gleitenden Mittelwert in den Schritten **168** bzw. **170** herausgefiltert, wobei jedes Filter mit einem gleitenden Mittelwert ein zugeordnetes Filterfenster mit einer Breite von $T_{\text{Avg_Offset}}$ z.B. etwa 4 sec, umfasst. Ausgehend vom Schritt **164** werden die gefilterten Werte des Beschleunigungsoffsets $\tilde{A}_y^{\text{Offset}}$ und des Winkelgeschwindigkeitsoffsets $\tilde{\omega}_x^{\text{Offset}}$ nur aktualisiert, falls weder in den Maßalgorithmus **300.1** noch in den Energiealgorithmus **300.2** eingetreten wurde, was dadurch angezeigt wird, dass keiner der zugeordneten LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOREN – d.h. weder ein LAUFENDES_MASS_EREIGNIS_INDIKATOR noch ein LAUFENDES_ENERGIE-EREIGNIS_INDIKATOR – gesetzt ist. Demgemäß werden im Schritt **166** die über einen relativ langen Zeitraum gefilterten Werte des Beschleunigungsoffsets $\tilde{A}_y^{\text{Offset}}$ und des Winkelgeschwindigkeitsoffsets $\tilde{\omega}_x^{\text{Offset}}$ nicht während der Zeiträume aktu-

alisiert, bei denen sich der zugeordnete Querschleunigungsanteil A_y und Winkelgeschwindigkeit ω_x wesentlich von den zugeordneten Sensoroffsetwerten unterscheiden könnten.

[0044] Obwohl [Fig. 4](#) die Erfassung und die Verarbeitung des Querschleunigungsanteils A_y vor derjenigen der Winkelgeschwindigkeit ω_x dargestellt ist, versteht es sich, dass die Reihenfolge umgekehrt werden könnte oder diese Vorgänge parallel ausgeführt werden könnten.

[0045] Der Maßalgorithmus **300.1**, der Energiealgorithmus **300.2** und der Sicherungsalgorithmus **200** verwenden je Werte des gefilterten Querschleunigungsanteils \tilde{A}_y und der gefilterten Winkelgeschwindigkeit $\tilde{\omega}_x$, die durch Subtrahieren der entsprechenden Sensoroffsets, d.h. des Beschleunigungsoffsets $\tilde{A}_y^{\text{Offset}}$ bzw. des Winkelgeschwindigkeitsoffsets $\tilde{\omega}_x^{\text{Offset}}$, kompensiert sind, um einen entsprechenden kompensierten Querschleunigungsanteil ($A'_y(t) = \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{\text{Offset}}(t)$) bzw. eine kompensierte Winkelgeschwindigkeit ($\omega'_x(t) = \tilde{\omega}_x(t) - \tilde{\omega}_x^{\text{Offset}}(t)$) bereitzustellen.

[0046] Unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) beginnt der Sicherungsalgorithmus **200** mit dem Schritt **202**, wobei zugehörige SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOREn, d.h. ein BESCHLEUNIGUNGS_SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOR und ein KIPP_SICHERUNGSEREIGNIS_INDIKATOR, anfänglich gesetzt sind. Falls dann im Schritt **204** wieder entweder in den Maßalgorithmus **300.1** oder in den Energiealgorithmus **300.2** eingetreten wurde, was dadurch angezeigt wird, dass einer der zugeordneten LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOREn (d.h. der LAUFENDES_MASS_EREIGNIS_INDIKATOR oder der LAUFENDES_ENERGIEEREIGNIS_INDIKATOR) gesetzt sind und falls dann im Schritt **206** die Größe des kompensierten Querschleunigungsanteils A'_y größer als ein dritter Beschleunigungsschwellenwert $A_y^{\text{Thr}_3}$ ist, wird anschließend im Schritt **208** der BESCHLEUNIGUNGS_SICHERUNGS_EREIGNISINDIKATOR gesetzt. Andernfalls wiederholt sich das Verfahren ausgehend vom Schritt **204** mit dem Schritt **202**. Nach dem Schritt **208** oder andernfalls ausgehend vom Schritt **206** wird, falls im Schritt **210** die Größe der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x größer als ein dritter Winkelgeschwindigkeitsschwellenwert $\omega_x^{\text{Thr}_3}$ ist, der KIPP_SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOR im Schritt **212** gesetzt. Anschließend oder andernfalls ausgehend vom Schritt **210** wiederholt sich das Verfahren mit dem Schritt **204**. Demgemäß werden, falls die Zustände der Querschleunigung und der Winkelgeschwindigkeit, die dem Sicherungsalgorithmus **20** zugeordnet sind – nicht notwendigerweise gleichzeitig – erfüllt wurden, nachdem der Maßalgorithmus **300.1** oder der Energiealgorithmus **300.2** begonnen wurde und bevor beide beendet wurden, anschließend die entsprechenden zugeordneten SICHERUNGSEREIGNIS_INDIKATOREn gesetzt, um ein Auslösen einer oder mehrerer zugeordneter Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** in Reaktion auf die Erfassung eines Kippereignisses entweder durch den Maßalgorithmus **300.1** oder den Energiealgorithmus **300.2** zu ermöglichen. Jeder der SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOREn wird unabhängig gesetzt oder verriegelt, aber beide werden gleichzeitig zurückgesetzt und beide müssen gesetzt sein, damit eine oder mehrere zugeordnete Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** in Reaktion auf den Maßalgorithmus **300.1** oder den Energiealgorithmus **300.2** betätigt werden.

[0047] Alternativ kann der Sicherungsalgorithmus **200** derart ausgebildet sein, dass er nur einen der zuvor beschriebenen SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOREn und die zugeordneten Kriterien umfasst, so dass das Sicherungskriterium auf eine Größe des kompensierten Querschleunigungsanteils A'_y reagiert, der zu einem ersten Zeitpunkt nach dem Anfangszeitpunkt entweder des Maßalgorithmus **300.1** oder des Energiealgorithmus **300.2** größer als ein dritter Beschleunigungsschwellenwert $A_y^{\text{Thr}_3}$ ist, oder eine Größe der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x reagiert, die zu einem zweiten Zeitpunkt nach dem Anfangszeitpunkt größer als ein dritter Winkelgeschwindigkeitsschwellenwert $\omega_x^{\text{Thr}_3}$ ist, wobei der Anfangszeitpunkt der Zeitpunkt ist, zu dem die zugeordneten Eintrittskriterien für den zugeordneten Maßalgorithmus **300.1** oder Energiealgorithmus **300.2** erfüllt sind, und der erste und der zweite Zeitpunkt nach dem Anfangszeitpunkt zueinander willkürlich sind. Beispielsweise könnte der Energiealgorithmus **300.2** lediglich in Reaktion darauf „gesichert“ werden, dass der kompensierte Querschleunigungsanteil A'_y zu einem Zeitpunkt nach einem Anfangszeitpunkt des Energiealgorithmus **300.2** größer als ein dritter Beschleunigungsschwellenwert $A_y^{\text{Thr}_3}$ ist.

[0048] Das Überrollerfassungssystem **10** kann für eine verbesserte Zuverlässigkeit ausgebildet sein, indem der Sicherungsalgorithmus **200** auf einem Mikroprozessor implementiert wird, der von demjenigen getrennt ist, der zum Implementieren entweder des Maßalgorithmus **300.1** oder des Energiealgorithmus **300.2** verwendet wird, wobei in diesem Fall, falls der Sicherungsalgorithmus **200** nicht die LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOREn kennt, dann anstelle davon, dass er in Reaktion auf diese Indikatoren zurückgesetzt wird, die SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOREn nach einer Verzögerung, beispielsweise Δt_{max}^E (z.B. 12 sec), nach einem Zeitpunkt zurückgesetzt werden, zu dem entweder das Sicherungskriterium

zuletzt erfüllt war, so dass der Sicherungszustand aktiv bleibt, bis entweder ein Auslösen einer zugeordneten oder mehrerer zugeordneter Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** stattfand oder bis beide Algorithmen beendet wurden.

[0049] Der Maßalgorithmus **300.1** und der Energiealgorithmus **300.2** arbeiten jeweils gemäß der in [Fig. 6](#) dargestellten allgemeinen Algorithmenstruktur, wobei jeder dieser Algorithmen allgemein durch das Bezugszeichen **300** gekennzeichnet wird. Eine dezimale Kennzeichnung für ein spezielles Bezugszeichen wird hierin verwendet, um einen speziellen Algorithmus zu bezeichnen. Obwohl beispielsweise das allgemeine Gesamtverfahren mit dem Bezugszeichen **300** bezeichnet wird, wird das Bezugszeichen **300.1** verwendet, um den Maßalgorithmus zu bezeichnen, und das Bezugszeichen **300.2** verwendet, um den Energiealgorithmus zu bezeichnen. Während als ein anderes Beispiel der allgemeine Berechnungsschritt des Algorithmus durch das Bezugszeichen **326** bezeichnet wird, wird das Bezugszeichen **326.1** verwendet, um den Algorithmusberechnungsschritt des Maßalgorithmus **300.1** im Speziellen zu bezeichnen, und das Bezugszeichen **326.2** wird verwendet, um den Algorithmusberechnungsschritt des Energiealgorithmus **300.2** zu bezeichnen. Die speziellen Gleichungen, die den speziellen Algorithmenschritten für jeden der Algorithmen zugeordnet sind, sind in Tabellenform in [Fig. 8a–c](#) bereitgestellt und die zugeordneten Parameter und deren Beispielwerte sind in Tabellenform in [Fig. 9a–c](#) bereitgestellt.

[0050] Unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) beginnt der allgemeine Kippverarbeitungsalgorithmus mit Schritt **302**, wobei ein zugeordneter LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOR zurückgesetzt wird. Wenn er gesetzt ist, zeigt der LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOR an, dass das Eintrittskriterium für den Kippverarbeitungsalgorithmus erfüllt wurde und dass das entsprechende Austrittskriterium nicht erfüllt wurde, so dass der zugeordnete Algorithmus aktiv ist. Anschließend werden im Schritt **150** die zugeordneten Daten, die von dem Algorithmus verwendet werden, gemäß einer Datenerfassung und einem Verarbeitungsalgorithmus **150**, der vorstehend beschrieben wurde, erfasst und vorverarbeitet. Falls dann im Schritt **304** der LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOR nicht gesetzt wurde – was anzeigt, dass Daten von einem potentiellen Überrollereignis nicht verarbeitet wurden und dass das Fahrzeug **12** dann nicht in ein Überrollereignis verwickelt ist – wird anschließend im Schritt **306** ein Satz von Eintrittskriterien ausgewertet und mit den zugeordneten Schwellenwerten verglichen, und falls die Eintrittskriterien erfüllt sind, dann wird im Schritt **308** der LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOR gesetzt und im Schritt **310** der Algorithmus initialisiert, beispielsweise durch Initialisieren verschiedener dem Algorithmus zugeordneter dynamischer Variablen.

[0051] Andernfalls wird ausgehend vom Schritt **304**, falls der LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOR gesetzt wurde – was anzeigt, dass Daten von einem potentiellen Überrollereignis verarbeitet werden – dann im Schritt **312** ein zugeordnetes Zeitmaß, beispielsweise eine Abtastwertanzahl, aktualisiert, und im Schritt **400** werden die erneut erfassten Daten ausgewertet, um zu bestimmen, ob ein Sensor (d.h. die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** oder der Winkelratensensor **20**) rekaliert werden müssen. Das mit dem Schritt **400** zusammenhängende Verfahren wird in [Fig. 7](#) dargestellt und wird hierin nachstehend vollständiger beschrieben.

[0052] Falls ausgehend vom Schritt **400** ein oder mehrere Sensor(en) eine Rekaliertung erfordern, dann werden im Schritt **314** der eine oder die mehreren Sensor(en), der bzw. die die Rekaliertung erfordert bzw. erfordern, rekaliert. Beispielsweise können sowohl die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** als auch der Winkelratensensor **20** überprüfbar sein, wobei ein bekannter Stimulus an den Sensor angelegt werden kann und das entsprechende Sensorausgangssignal kalibriert werden kann, um den bekannten Stimulus darzustellen. Beispielsweise kann die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** ein mikrobearbeitetes Massenelement aufweisen, das durch Federelementbalken gestützt wird, und ein elektrostatisches Feld kann zwischen dem Massenelement und einem Gehäuse angelegt werden, um den Balken um einen Betrag zu biegen, der einem Differenzbeschleunigungspegel entspricht. Anschließend wird ein Kalibrierungsfaktor berechnet, so dass das kalibrierte Ausgangssignal von den Dehnungserfassungselementen, die betriebsmäßig mit den Federelementbalken verbunden sind, dem Referenzbeschleunigungspegel entspricht. Falls im Schritt **316** das Verfahren von Schritt **314** anzeigt, dass ein oder mehrere Sensor(en) ausgefallen sind – falls es beispielsweise im Wesentlichen keine Änderung des Ausgangssignals in Reaktion darauf gibt, ob das Teststimulus an dem Sensor angelegt wird oder nicht, dann wird im Schritt **318** ein Fehlerzustand gesetzt, eine Warneinrichtung, beispielsweise Licht aktiviert, um den Fahrer des Fahrzeuges **12** zu alarmieren, und das Überrollerefassungssystem **10** wird davon abgehalten, irgendeine der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** auszulösen. Andernfalls werden ausgehend vom Schritt **316**, d.h., falls weder die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** noch der Winkelratensensor **20** ausgefallen sind, dann im Schritt **320** beide LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOREN – d.h. der LAUFENDES_MASS_EREIGNIS_INDIKATOR und der LAUFENDES_ENERGIE_EREIGNISINDIKATOR – in Reaktion darauf, dass es zumindest eine Sensorrekaliertung gegeben hat, zurückgesetzt und das Verfahren beginnt wieder mit dem Schritt **150**.

[0053] Andernfalls wird ausgehend vom Schritt **400**, falls keiner der Sensoren eine Rekalibrierung erfordert, anschließend im Schritt **322** ein Austrittskriterium ausgewertet, um zu bestimmen, ob der Algorithmus bis zu dem Zeitpunkt, zu dem das Eintrittskriterium des Schritts **306** wieder erfüllt ist, beendet werden sollte, um zu ermöglichen, dass in den Algorithmus wieder eingetreten werden kann. Falls ausgehend vom Schritt **322** die Austrittskriterien erfüllt sind, falls anschließend im Schritt **324** der Algorithmus der Energiealgorithmus **300.2** ist und falls anschließend im Schritt **306** in den Energiealgorithmus **300.2** eingetreten wurde und dieser anschließend im Schritt **322** infolge eines Timeouts (d.h. $\Delta t > \Delta t_{\max}^E$) verlassen wurde und in diesen anschließend über den Schritt **306** kurz wieder eingetreten wurde – d.h. während der nächsten Iteration des Algorithmus – nachdem er im Schritt **322** beendet wurde, fährt anschließend nach der p-ten aufeinanderfolgenden Beendigung im Schritt **322** – beispielsweise $p = 3$ – das Verfahren mit Schritt **314**, wie hierin vorstehend beschrieben wurde, fort, wobei die Sensoren überprüft werden, und falls erforderlich rekalibriert werden. Andernfalls wird ausgehend vom Schritt **324** der zugeordnete LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOR – d.h. der LAUFENDES_MASS_EREIGNIS_INDIKATOR oder der LAUFENDES_ENERGIE_EREIGNIS_INDIKATOR – im Schritt **320** zurückgesetzt, und das Verfahren beginnt von neuem mit Schritt **150**.

[0054] Andernfalls werden ausgehend vom Schritt **322**, falls im Schritt **306** in den Algorithmus eingetreten wurde und dieser nicht im Schritt **322** verlassen wurde, anschließend die zugeordneten Algorithmusberechnungen für die spezielle Iteration des Algorithmus durchgeführt, die einem speziellen Wert des Zeitmaßes entweder vom Schritt **310** oder vom Schritt **312** zugeordnet ist. Falls anschließend im Schritt **330** die zugeordneten Algorithmuserfassungskriterien in der speziellen Iteration des Algorithmus erfüllt sind und falls im Schritt **340** die SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOR(en) – d.h. der BESCHLEUNIGUNGS_SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOR und der KIPP_SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOR – gesetzt wurden, dann wurde im Schritt **350** ein Überrollereignis erfasst, und die zugeordneten Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** werden betätigt. Andernfalls fährt anschließend das Verfahren wiederholend mit dem Schritt **150** für die nächste Iteration entweder ausgehend vom Schritt **330**, falls die Algorithmuserfassungskriterien nicht erfüllt sind, oder vom Schritt **340** fort, falls keiner der SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOR(en) gesetzt wurde – so dass das zugeordneten Sicherungskriterium zu einem Zeitpunkt entweder während des Maßalgorithmus **300.1** oder des Energiealgorithmus **300.2** nicht erfüllt war.

[0055] Obwohl sowohl der Maßalgorithmus **300.1** als auch der Energiealgorithmus **300.2** von den Messungen des Querbeschleunigungsanteils A_y und der Längswinkelgeschwindigkeit ω_x von der Datenerfassung und dem Vorverarbeitungsalgorithmus **150** abhängen, sind die anderen Variablen und Parameter, die jedem Algorithmus zugeordnet sind, ansonsten unabhängig voneinander, wie es auch die zugeordneten Eintrittskriterien im Schritt **306**, die Algorithmusinitialisierungen im Schritt **310**, die Austrittskriterien im Schritt **322**, die Algorithmusberechnungen im Schritt **326** und die Algorithmusentscheidungskriterien im Schritt **330** sind, wobei Beispiele von allen zusammen in [Fig. 8a](#), [Fig. 8b](#), [Fig. 8c](#), [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) detailliert dargestellt werden. Obwohl beispielsweise jeder Algorithmus ein Maß der Zeit seit dem Anfang bestimmt und ein Maß des Kippwinkels durch Integrieren der Messung der Längswinkelgeschwindigkeit ω_x berechnet, sind diese entsprechenden Zeitmaße unabhängig voneinander, wie es auch die entsprechenden Maße des Kippwinkels sind. Sowohl der Maßalgorithmus **300.1** als auch der Energiealgorithmus **300.2** nehmen an, dass sich das Fahrzeug anfänglich waagrecht befindet (d.h. $\theta(t_{\text{Eintritt}}) = 0$), wenn die Verarbeitung durch die entsprechenden Algorithmen beginnt.

[0056] Das Verfahren **400** zum Bestimmen, ob entweder die Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** oder der Winkelratensensor **20** eine Rekalibrierung erfordern, oder nicht, ist in [Fig. 7](#) dargestellt. Falls in den Schritten **402**, **404**, **406** und **408** die Größe der gefilterten Winkelgeschwindigkeit ω_x kontinuierlich einen vierten Winkelratenschwellenwert $\hat{\omega}_x^{\text{Thr-4}}$ für einen zugeordneten Zeitraum $\Delta t_{\omega}^{\text{max}}$ überschreitet, dann wird im Schritt **410** eine Rekalibrierung des Winkelratensensors **20** signalisiert. Falls andernfalls in den Schritten **412**, **414**, **416**, **418** und **420** entweder die Größe des Kippwinkels θ^M vom Maßalgorithmus **300.1** oder der Kippwinkel θ^E vom Energiealgorithmus **300.2** kontinuierlich einen Kippwinkelschwellenwert θ^{Thr} für einen zugeordneten Zeitraum $\Delta t_{\theta}^{\text{max}}$ überschreitet, dann wird im Schritt **410** eine Rekalibrierung des Winkelratensensors **20** signalisiert. Andernfalls wird im Schritt **422** keine Rekalibrierung des Winkelratensensors **20** signalisiert. Falls in den Schritten **424**, **426**, **428** und **430** die Größe des gefilterten Seitenbeschleunigungsanteils \hat{A}_y kontinuierlich einen vierten Querbeschleunigungsschwellenwert $\hat{A}_y^{\text{Thr-4}}$ für einen zugeordneten Zeitraum Δt_A^{max} überschreitet, dann wird eine Rekalibrierung der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** im Schritt **432** signalisiert. Andernfalls wird im Schritt **434** keine Rekalibrierung der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** signalisiert. Falls in einem der Schritte **410** oder **432** eine Rekalibrierung signalisiert wurde, fährt das Verfahren mit Schritt **314** fort, wie hierin vorstehend beschrieben wurde. Andernfalls wird keine Sensorrekalibrierung signalisiert und das Verfahren fährt mit dem Schritt **322** fort, wie hierin vorstehend beschrieben wurde.

[0057] Unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#), [Fig. 8a–c](#) und [Fig. 9a–b](#) wird der Maßalgorithmus **300.1** jetzt mit größerer Genauigkeit erläutert, wobei die Schritte von [Fig. 6](#) eine Erfindung ".1" aufweisen, um ihre Zuordnung damit anzuzeigen. Der LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOR für den Maßalgorithmus **300.1** – der als der LAUFENDES_MASSEREIGNIS_INDIKATOR bezeichnet wird – wird im Schritt **308.1** beim Erfüllen der Eintrittskriterien im Schritt **306.1** gesetzt und wird im Schritt **320.1** beim Erfüllen der Austrittskriterien im Schritt **322.1** zurückgesetzt. Der LAUFENDES MASS EREIGNIS INDIKATOR konnte beispielsweise einem speziellen Ort im Speicher **28** des zugeordneten Prozessors **26** entsprechen, der den Maßalgorithmus **300.1** implementiert. Nach dem Eintritt wird nach dem Schritt **306.1** der Maßalgorithmus **300.1** anschließend nicht verlassen, bis entweder das Maßereignisaustrittskriterium im Schritt **322.1** erfüllt ist oder bis ein Überrollereignis erfasst wird, das ein Auslösen der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** bewirkt. Nachdem die Maßereignisaustrittskriterien erfüllt sind und der Maßalgorithmus **300.1** verlassen wurde, kann in den Maßalgorithmus **300.1** nachfolgend wieder eingetreten werden, falls die zugeordneten Maßereigniseintrittskriterien anschließend erfüllt sind.

[0058] Im Schritt **306.1** ist das Eintrittskriterium des Maßalgorithmus **300.1** beispielsweise, dass die Größe des kompensierten Querschleunigungsanteils A'_y größer als ein erster Beschleunigungsschwellenwert $\tilde{A}_y^{\text{Thr}-1}$ ist, d.h.:

$$|A'_y(t)| > \tilde{A}_y^{\text{Thr}-1}$$

[0059] Für ein Beispiel eines speziellen Fahrzeugtyps wurde basierend auf den tatsächlichen Überrolldaten der erste Beschleunigungsschwellenwert $\tilde{A}_y^{\text{Thr}-4}$ auf etwa 1,4 g gesetzt. Man sollte erkennen, dass dieser Schwellenwert sowie der Wert der anderen Parameter des Maßalgorithmus **300.1** im Allgemeinen von den Charakteristika des speziellen zugeordneten Fahrzeuges **12** oder der Klasse von Fahrzeugen abhängt und dass der spezielle Wert, der für ein spezielles Überrollerfassungssystem **10** verwendet wird, zum Verbessern der Unterscheidung in Abhängigkeit von der Art des zugeordneten Fahrzeuges **12** oder Klasse von Fahrzeugen eingestellt werden kann.

[0060] Im Schritt **310.1** wird beim ersten Eintritt in den Maßalgorithmus **300.1** nach dem Schritt **308.1** der Maßalgorithmus **300.1** initialisiert. Ein Abtastereigniszähler n^M und die Werte der Winkelpositionen $\theta^M(n^M - 1)$ und eine Maßfunktion $R(n^{M-1})$ werden initialisiert – beispielsweise mit Werten von Null. Auch wird der Abtastereitpunkt $t^M(-1)$ kurz vor dem Zeitpunkt des Eintrittsereignisses auf einen Wert eines Zeitpunktes des Maßereigniseintritts $t^M(0)$ initialisiert, der auf einen Wert des aktuellen Zeitpunkts t initialisiert wird, und der Zeitraum $\Delta t^M(0)$ seit dem Eintritt des Algorithmus wird auf einen Wert von Null initialisiert. Der hierin verwendete hochgestellte Buchstabe "M" bezieht sich auf Variablen, die dem Maßalgorithmus **300.1** zugeordnet sind.

[0061] Bei der nachfolgenden Iteration des Maßalgorithmus **300.1** wird, falls im Schritt **304.1** der LAUFENDES MASS EREIGNIS INDIKATOR gesetzt ist, anschließend im Schritt **312.1** die Abtastereignisanzahl n^M inkrementiert, der zugeordnete aktuelle Abtastzeitpunkt $t^M(n^M)$ wird gleich der aktuellen Zeit t gesetzt und die Maßereigniszeit Δt^M wird als der Zeitraum, der sich vom Zeitpunkt des Maßereigniseintritts $t^M(0)$ bis zum aktuellen Zeitpunkt $t^M(n^M)$ erstreckt, wie folgt berechnet:

$$\Delta t^M(n^M) = t^M(n^M) - t^M(0),$$

[0062] Im Schritt **322.1** ist das Austrittskriterium des Maßalgorithmus **300.1** beispielsweise, dass der Zeitraum seit dem Eintritt in den Algorithmus $\Delta t^M(n^M)$ größer als ein Zeitdauerschwellenwert Δt_{max}^M ist, d.h.:

$$\Delta t^M(n^M) > \Delta t_{\text{max}}^M.$$

[0063] Für das Beispiel eines speziellen Fahrzeugtyps wurde basierend auf tatsächlichen Überrolldaten der Zeitraumschwellenwert Δt_{max}^M auf etwa 165 msec gesetzt. Beim Austritt aus dem Maßalgorithmus **300.1** wird im Schritt **320.1** der LAUFENDES_MASS_EREIGNIS_INDIKATOR zurückgesetzt und unter der Voraussetzung der nachfolgenden Erfüllung der Eintrittskriterien im Schritt **306.1** verursacht dies, dass die dem Maßalgorithmus **300.1** zugeordneten Variablen im Schritt **310.1** initialisiert werden.

[0064] Falls im Schritt **322.1** das Austrittskriterium nicht erfüllt ist, dann werden die Berechnungen des Algorithmus des im Schritt **326.1** für die spezielle Iteration des Maßalgorithmus **300.1** wie folgt aktualisiert.

[0065] Zuerst wird die Winkelposition θ^M durch Integrieren des vorzeichenbehafteten Wertes der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x wie folgt geschätzt:

$$\theta^M(n^M) = \theta^M(n^M - 1) + \dot{\omega}'_x(n^M) \cdot dt;$$

wobei die Integrationszeitschrittweite dt durch die Differenz zwischen dem Zeitpunkt $t^M(n^M)$ bei der aktuellen Iteration und dem Zeitpunkt bei der vorangegangenen Iteration $t^M(n^M - 1)$ gegeben ist – wobei die Differenz bei einer gleichmäßigen Abtastrate wie folgt konstant wäre:

$$dt = t^M(n^M) - t^M(n^M - 1);$$

und die kompensierte Winkelgeschwindigkeit ω'_x gegeben ist durch:

$$\omega'_x(t) = \hat{\omega}_x(t) - \hat{\omega}_x^{\text{Offset}}(t).$$

[0066] Anschließend wird eine Maßfunktion R ausgewertet, die zum Berechnen eines Bewertungskriteriums FOM verwendet wird. Die Maßfunktion R ist gegeben durch:

$$R(n^M) = R(n^M - 1) \cdot \left(1 - \frac{\Delta t^M}{\tau}\right) + F^* \cdot KE^* \cdot PE^*.$$

[0067] Der erste Ausdruck der Maßfunktion R ist ein Dämpfungsausdruck, der das Produkt des vorangegangenen Wertes $R(n^M - 1)$ multipliziert mit einem Dämpfungsfaktor

$$\left(1 - \frac{\Delta t^M}{\tau}\right)$$

umfasst. Der Dämpfungspegel wird durch eine Konstante τ bestimmt, die von dem speziellen Fahrzeugtyp abhängt. Für ein Beispiel, das auf Überrollversuchsdaten für einen bestimmten Fahrzeugtyp basiert, wurde der Wert von τ auf etwa 400 sec festgelegt. Der Dämpfungsausdruck stellt sicher, dass das resultierende Bewertungskriterium FOM bei Ereignissen abnimmt, bei denen die Werte des kompensierten Querschleunigungsanteils A'_y oder der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x nicht länger signifikant sind.

[0068] Der verbleibende Ausdruck der Maßfunktion R , der zu dem ersten Ausdruck addiert wird, ist das Produkt der folgenden drei Maße: Eines Kraftmaßes F^* , eines kinetischen Rotationsenergiemaßes KE^* und eines Potentialenergiemaßes PE^* .

[0069] Das Kraftmaß F^* ist als der aktuelle Abtastwert des kompensierten Querschleunigungsanteils A'_y gegeben, der gegeben ist durch:

$$A'_y(n^M) = \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{\text{Offset}}(t).$$

[0070] Im Allgemeinen hängen Kraft und Beschleunigung durch das zweite Newtonsche Gesetz ($F = M \cdot A$) zusammen. Das Kraftmaß F^* ist nicht notwendigerweise ein exaktes Maß der Kraft – was im Allgemeinen erfordern würde, dass die Vektornatur der Kraft und der Beschleunigung berücksichtigt wird – aber ist stattdessen ein Maß, das zumindest mit der Reaktionskraft F zusammenhängt, die auf das Fahrzeug **12** wirkt. Während eines typischen Kippereignisses des Fahrzeuges wird der kompensierte Querschleunigungsanteil A'_y durch eine Seitenkraft auf die Reifen oder den Radfelgenkranz verursacht. Diese Seitenkraft ist die gleiche Kraft, die für das Rotationsdrehmoment um das Zentrum der Fahrzeugmasse verantwortlich ist, die letztendlich zu einem Überrollen führt. Der kompensierte Querschleunigungsanteil A'_y stellt nicht notwendigerweise ein vollständiges Maß der tatsächlichen Reaktionskraft F dar. Beispielsweise kann der kompensierte Querschleunigungsanteil A'_y nicht notwendigerweise die Auswirkungen der Dynamik nicht starrer Körper, beispielsweise von Dämpfungskräften in dem/den Reifen oder anderen Dämpfungselementen oder von der Dynamik des Dämpfungssystems, berücksichtigen. Jedoch ist der kompensierte Querschleunigungsanteil A'_y – bei kleinen Winkeln und unter Ausschluss der Auswirkungen der Dynamik nicht starrer Körper – heuristisch proportional zur Reaktionskraft F , die verursacht, dass das Fahrzeug **12** kippt. Die Daten von schnellen oder ausgelösten Überrollversuchen zeigten, dass der kompensierte Querschleunigungsanteil A'_y etwa 20 msec früher signifikant wird, bevor eine signifikante kompensierte Winkelgeschwindigkeit ω'_x von dem Winkelratensensor **20** beobachtet wird. Obwohl das Kraftmaß F^* hierin bezüglich dem kompensierten Querschleunigungsanteil A'_y als linear dargestellt ist, versteht es sich, dass das Kraftmaß F^* eine andere Funktion (eine andere als eine lineare) oder einen anderen Potenz (einen anderen als 1) des kompensierten Querschleunigungsanteils A'_y aufweisen kann.

[0071] Das kinetische Rotationsenergiemaß KE^* ist durch ω'_x gegeben. Im Allgemeinen besteht ein Zusam-

menhang zwischen dem kinetischen Rotationsenergiemaß KE^* und der kinetischen Rotationsenergie des Fahrzeuges. Beispielsweise ist für $KE^* = \dot{\omega}_x'^2$ das kinetische Rotationsenergiemaß KE^* mit der Proportionalitätskonstante $1/2$ proportional zur kinetischen Rotationsenergie des Fahrzeuges **12**. Jedoch könnte das kinetische Rotationsenergiemaß KE^* auch unterschiedlich dargestellt werden. Beispielsweise könnten Potenzen von $\dot{\omega}_x'$ verwendet werden, die einen anderen Wert als 2 aufweisen, um das kinetische Rotationsenergiemaß KE^* aus der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω_x' zu bilden, oder das kinetische Rotationsenergiemaß KE^* könnte eine andere Funktion der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω_x' aufweisen.

[0072] Das Produkt des Kraftmaßes F^* und des kinetischen Rotationsenergiemaßes KE^* schaffen ein Maß, das ein Überrollen schneller als die kompensierte Winkelgeschwindigkeit ω_x' alleine vorhersagt. Dies ermöglicht auch ein vorhersagendes Maß einer letztendlich kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω_x' , weil beobachtet wurde, dass eine signifikante Seitenkraft, die aus einem kompensierten Querschleunigungsanteil A_y' ermittelt wurde, üblicherweise etwa 20 msec danach als eine erhöhte kompensierte Winkelgeschwindigkeit ω_x' erscheint. Außerdem erhöht das stärkere Gewicht der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω_x' als den kompensierten Querschleunigungsanteil A_y' , beispielsweise durch Verwendung des Quadrates der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω_x' , den Einfluss der aktuellen kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω_x' bei dem resultierenden Bewertungskriterium FOM.

[0073] Das Potentialenergiemaß PE^* ist mit $PE^* = \text{sign}(A_y'(n^M)) \cdot \theta_0 + \theta^M(n^M)$ als eine Konstante plus dem aktuellen Abtastwert der Winkelposition $\theta^M(n^M)$ gegeben. Die Konstante θ_0 hängt von dem speziellen Fahrzeug ab. Basierend auf Überrollversuchsdaten für einen speziellen Fahrzeugtyp beträgt beispielsweise der Wert von θ_0 etwa 0,1 Grad. Der konstante Ausdruck hat das selbe Vorzeichen wie entweder die kompensierte Winkelgeschwindigkeit ω_x' oder der kompensierte Querschleunigungsanteil A_y' unter der Annahme, dass beide Signale solche Vorzeichen haben, dass sie bei einem gegebenen Kippereignis das gleiche Vorzeichen haben. Das Einbeziehen des Potentialenergiemaßes PE^* im Produktausdruck der Maßfunktion R erhöht den Einfluss der Überrolldynamik bei dem resultierenden Bewertungskriterium FOM und erhöht dessen Größe bei Überrollereignissen mittlerer Geschwindigkeit, beispielsweise Ereignisse mit zugeordneten Auslösezeiten (time-to-fir: TTF) der Betätigungseinrichtung von typischerweise zwischen 140 bis 230 msec. (Die Grenzen dieses Bereiches können um 20 % vergrößert werden oder stärker von den Charakteristika des Fahrzeuges abhängen und könnten ferner für unterschiedliche Fahrzeugtypen unterschiedlich sein). Verglichen mit dem Kraftmaß F^* und mit dem kinetischen Rotationsenergiemaß KE^* ist das Potentialenergiemaß PE^* relativ wenig signifikant und könnte in einem reduzierten Überrollerfassungssystem ignoriert werden (indem beispielsweise $PE^* = 1$ gesetzt wird). Jedoch erscheint das Potentialenergiemaß PE^* bei der Unterauswahl von Überrollereignisfällen hilfreich, die mittlere Auslösezeiten der Betätigungseinrichtung vorweisen.

[0074] Das Bewertungskriterium FOM ist dann gegeben durch:

$$FOM(n^M) = |R(n^M)| \cdot (|R(n^M)| - |R(n^M - 1)|).$$

[0075] Das Bewertungskriterium FOM wird aus den Absolutwerten der zugeordneten Ausdrücke $R(n^M)$ und $R(n^M - 1)$ berechnet, so dass das Bewertungskriterium FOM von der Kipprichtung unabhängig ist. Der Ausdruck $(|R(n^M)| - |R(n^M - 1)|)$ schafft ein Maß der Ableitung oder Steigung der Maßfunktion R bezüglich der Zeit, wobei die tatsächliche Steigung durch Dividieren dieses Ausdrucks durch das Abtastintervall dt (eine Konstante bei gleichmäßig abgetasteten Datensystemen) gegeben wäre. Dieser Steigungsfaktor in Verbindung mit einer nachstehend beschriebenen Schwellenwertfunktion hat den Effekt, dass es erforderlich ist, dass das Bewertungskriterium FOM über die Zeit zunimmt, damit ein Überrollereignis erfasst wird und zwar für ein resultierendes zugeordnetes Auslösen einer oder mehrerer Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30**.

[0076] Alternativ und insbesondere für relativ kleine Werte von $(|R(n^M)| - |R(n^M - 1)|)$ kann das Bewertungskriterium FOM gegeben sein durch:

$$FOM(n^M) = |R(n^M)|.$$

[0077] Nach den Algorithmusberechnungen des Schritts **322.1** umfassen die im Schritt **330.1** ausgewerteten Algorithmuserfassungskriterien eine Mehrzahl von Erfassungsbedingungen, wie beispielsweise in [Fig. 8c](#) dargestellt ist. Falls alle Erfassungsbedingungen erfüllt sind – so dass im Allgemeinen ein Maßereignisschwellenwert überschritten wird – dann wird ein Auftreten eines Überrollens als wahrscheinlich betrachtet, und falls im Schritt **340** ein zugeordnetes Sicherheitskriterium von dem Sicherheitsalgorithmus **200** erfüllt ist, dann werden im Schritt **350** die zugeordnete eine oder die zugeordneten mehreren Sicherheitsbetätigungseinrichtung(en) **30** ausgelöst, um eine Verletzung des zugeordneten Insassen oder der zugeordneten Insassen zu verringern.

Die Erfassungskriterien werden gemäß einer speziellen Erfassungsphilosophie etabliert. Idealerweise würden die Erfassungskriterien eine Erfassung eines jeglichen Kippereignisses bereitstellen, bei denen der Kopf den Innenraum des Fahrzeuges ausreichend heftig berühren würde (d.h. eine "Kopfraumeinengung" (head closure) auftreten würde), dass eine Verletzung des Insassen dadurch verringert werden könnte, indem rechtzeitig die zugeordnete eine oder die zugeordneten mehreren Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** betätigt werden würden, und würde für ein Ignorieren anderer Ereignisse sorgen. Falls jedoch ein solches ideales Verhalten nicht erreicht werden kann, dann können die Erfassungskriterien so angepasst werden, dass sie einen geeigneten Kompromiss bereitstellen. Um beispielsweise schwere Kippereignisse ausreichend schnell zu erfassen – d.h. ausreichend früher als die zugeordnete Kopfraumeinengungszeit, so dass die zugeordnete eine oder die zugeordneten mehreren Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** rechtzeitig betätigt werden können und mit einer derartigen Rate, um das Verletzungsrisiko des Insassen zu verringern – kann es erforderlich sein, das Auslösen der zugeordneten einen oder der zugeordneten mehreren Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** in Reaktion auf schwere Überrollereignisse zu akzeptieren, bei denen das Fahrzeug nicht vollständig überrollt (beispielsweise das Anfahren eines Randsteins (curb trip) oder Kippereignisse des Typs mit einer Verzögerung im mittleren g-Bereich bis zu einem hohen g-Bereich (mid-to-high-g deceleration type roll events)).

[0078] Als eine erste Erfassungsbedingung des Schritts **330.1** wird die Maßereigniszeit Δt^M überprüft, ob sie sich in einem Zeitraum von Maßereigniszeiten (Δt_{\min}^M , Δt_{\max}^M) wie folgt befindet:

$$\Delta t_{\min}^M \leq \Delta t^M \leq \Delta t_{\max}^M.$$

[0079] Beispielsweise betragen die zugeordneten minimalen und maximalen Ereigniszeiten für eine spezielle Fahrzeugklasse $\Delta t_{\min}^M = 40$ msec und $\Delta t_{\max}^M = 165$ msec, so dass der seit der Ereignisauslösung verstrichene Zeitraum innerhalb eines speziellen Zeitfensters fällt. Die Randbedingung mit der minimalen Maßereigniszeit Δt_{\min}^M vermeidet, dass Ereignisse mit einer harten seitlichen Kraftzufuhr von sehr kurzer Dauer eine unbeabsichtigte Erfassung verursachen, während eine ausreichend frühzeitige Auslösung der Sicherheitsrückhaltebetätigung ermöglicht wird, um die frühesten beobachteten Kopfraumeinengungszeiten einzuhalten. (Die Kopfraumeinengungszeit ist der Zeitpunkt, zu dem der Kopf eines Insassen den Innenraum des Fahrzeuges berührt.) Typischerweise wird bei einem schwerwiegenden Anfahren eines Randsteins oder bei schwerwiegenden Verzögerungsschlitterereignissen die Eintrittszeit in den Kippunterscheidungsalgorithmus etwa 20 msec nach dem Anfang des Kippereignisses (d.h. der Anfang des physikalischen Ereignisses) auftreten. Der früheste Zeitpunkt, zu dem der Kippunterscheidungsalgorithmus beginnen könnte, die Airbags auszulösen, wäre dann etwa 60 msec nach dem Beginn des Kippereignisses (Eintrittszeitpunkt + 40 msec). Die schnellsten beobachteten Kopfraumeinengungszeiten sind in der Größe von 115 msec nach dem Beginn des Kippereignisses. Unter der Annahme, dass die zugeordnete Datenverarbeitung und das Auslösen der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung (beispielsweise das Aufblasen des Airbags) etwa 30 msec dauert, wäre die Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung **30** in diesen Fällen bei etwa 90 msec nach dem Beginn des Kippereignisses vollständig eingesetzt. Die minimale Auslösezeit Δt_{\min}^M stellt sicher, dass die Information, die in den Signalen von der Querbeschleunigungsmesseinrichtung **18** und dem Winkelratensensor **20** bereitgestellt wird, soweit wie möglich genutzt wurde, während immer noch eine Auslöseentscheidung rechtzeitig gemacht wird, so dass eine Kopfraumeinengung bei schwerwiegenden Ereignissen vermieden wird. Der maximale Auslösezeitraum Δt_{\max}^M reduziert die Anfälligkeit des Kippunterscheidungsalgorithmus auf zusammengesetzte Ereignisse und kann auch ermöglichen, dass der Kippunterscheidungsalgorithmus zurückgesetzt werden kann, und dass eine zweite "wirkliche" Auslösung eines Überrollens bei einem Unfall erfasst werden kann, bei dem das zweite von zwei zeitlich beabstandeten seitlichen Ereignissen zu einem Überrollen führt. Falls sich im Schritt **330.1** die Maßereigniszeit Δt^M innerhalb des spezifizierten Zeitraumes befindet, dann ist die erste Erfassungsbedingung erfüllt und zusätzliche Erfassungskriterien werden im Schritt **330.1** ausgewertet. Anderenfalls fährt das Verfahren für die nächste Iteration mit dem Schritt **150** fort.

[0080] Als eine zweite Erfassungsbedingung des Schritts **330.1** wird das Bewertungskriterium FOM mit einer Schwellenwertfunktion $FOM^{Thr}(\Delta t^M)$ verglichen, die bei der beispielhaften Fahrzeugplattform ausreichend schnelle Unterscheidungszeiten für im Wesentlichen alle Ereignisse bereitstellt, wie es gemäß der zuvor beschriebenen Erfassungsphilosophie erforderlich ist. Die Schwellenwertfunktion $FOM^{Thr}(\Delta t^M)$ hat beispielsweise die folgende Form:

$$FOM^{Thr}(\Delta t^M) = A \cdot \Delta t^M + B$$

[0081] Die zugeordnete zweite Erfassungsbedingung ist gegeben durch:

$$\text{FOM}(n^M) > \text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M).$$

[0082] Beispielsweise sind basierend auf Daten von einem Satz von Überrollversuchen eines speziellen Fahrzeugtyps A und B gegeben als $A = 6,46 \cdot 10^{11} (\text{g}^2 \text{deg}^6 / \text{ms} \cdot \text{s}^4)$ und $B = -2,34 \cdot 10^{13} (\text{g}^2 \text{deg}^6 / \text{s}^4)$ für $(40 \text{ msec} \leq \Delta t^M < 96 \text{ msec})$, und als $A = 2,59 \cdot 10^{11} (\text{g}^2 \text{deg}^6 / \text{ms} \cdot \text{s}^4)$ und $B = 1,36 \cdot 10^{13} (\text{g}^2 \text{deg}^6 / \text{s}^4)$ für $(96 \text{ msec} \leq \Delta t^M \leq 165 \text{ msec})$. Das Bewertungskriterium FOM und die Schwellenwertfunktion $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M)$ haben beispielsweise beide die technische Einheit von $[\text{g}^2 \text{deg}^6 / \text{s}^4]$. Im Allgemeinen würden unterschiedliche Fahrzeugtypen entweder unterschiedliche Parameterwerte oder unterschiedliche Funktionsformen für die Schwellenwertfunktion $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M)$ haben. Man hat herausgefunden, dass eine Schwellenwertfunktion mit mehreren Segmenten $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M)$, die beispielsweise eine Mehrzahl linearerer Segmente umfasst, für das Verhalten des Kippunterscheidungsalgorithmus nützlich ist. Die vorstehende beispielhafte Schwellenwertlinie wurde aus Daten entwickelt, die mit einer Rate von 1250 Hertz mit einem Zeitschritt von 0,8 ms abgetastet wurden. Die Schwellenwertfunktion $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M)$ wäre bei unterschiedlichen Datenabstraten wegen der Unterschiede in den Ergebnissen der Integrationen, die bei der Berechnung des Bewertungskriteriums FOM beteiligt sind, unterschiedlich. Generell könnte die Schwellenwertfunktion $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M)$ entweder durch eine Funktion der Zeit, durch eine stückweise Funktion der Zeit oder durch eine Zuordnungstabelle mit Zeitbezug dargestellt werden. Während die Schwellenwertfunktion $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M)$ im Allgemeinen eine Funktion der Zeit ist – beispielsweise der Zeitraum seit dem Anfang – versteht es sich außerdem, dass diese Schwellenwertfunktion $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M)$ in manchen Fällen konstant sein könnte, d.h. konstant bezüglich der Zeit. Falls im Schritt **330.1** das Bewertungskriterium FOM die Schwellenwertfunktion $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t^M)$ überschreitet, dann ist die zweite Erfassungsbedingung erfüllt und zusätzliche Erfassungskriterien werden im Schritt **330.1** ausgewertet. Anderenfalls fährt das Verfahren für die nächste Iteration mit dem Schritt **150** fort.

[0083] Als eine dritte Erfassungsbedingung des Schritts **330.1** wird das Bewertungskriterium FOM wie folgt überprüft, um zu erkennen, ob es zum Zeitpunkt der voraussichtlichen Auslösung der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** zeitlich in der Größe ansteigt:

$$|\text{FOM}(n^M)| > |\text{FOM}(n^M - 1)|$$

UND

$$|\text{FOM}(n^M)| > |\text{FOM}(n^M - m)|, \text{ wobei } m > 1, \text{ z.B. } m = 6.$$

[0084] Es ist beabsichtigt, dass die dritte Erfassungsbedingung einen Einsatz in Fällen vermeidet, bei denen beispielsweise die Schwellenwertfunktion $\text{FOM}^{\text{Thr}}(\Delta t)$, z. B. bei $\Delta t = 40 \text{ msec}$, überschritten wird, aber bei denen das Ereignis abgeklungen ist (bei denen beispielsweise entweder die Größe von A_y oder die Größe von ω_x oder beide abnehmen). Falls im Schritt **330.1** das Bewertungskriterium FOM zeitlich zunimmt, dann ist die dritte Erfassungsbedingung erfüllt und zusätzliche Erfassungskriterien werden im Schritt **330.1** ausgewertet. Anderenfalls fährt das Verfahren für die nächste Iteration mit dem Schritt **150** fort.

[0085] Als eine vierte Erfassungsbedingung des Schritts **330.1** wird die Größe des kompensierten Querbeschleunigungsanteils A'_y zum Zeitpunkt des voraussichtlichen Auslösens der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** mit einem zweiten Beschleunigungsschwellenwert $A_y^{\text{Thr}_2}$ wie folgt verglichen:

$$A'_y(n^M) > A_y^{\text{Thr}_2}.$$

[0086] Die vierte Erfassungsbedingung vermeidet, dass ein Ausfall des Winkelratensensors **20** in einem Modus, der ein Signal mit einer großen, falschen kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x verursacht, eine unerwünschte Auslösung der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** verursacht. Beispielsweise würde ein zweiter Beschleunigungsschwellenwert $A_y^{\text{Thr}_2}$ mit einem Wert von 0,7 g wahrscheinlich nicht während normaler Fahrzustände überschritten werden, bei denen kein seitliches Rutschen des Reifens auf der Fahrbahnoberfläche vorhanden ist. Falls im Schritt **330.1** die Größe des kompensierten Querbeschleunigungsanteils A'_y größer als der zweite Beschleunigungsschwellenwert $A_y^{\text{Thr}_2}$ ist, dann ist die vierte Erfassungsbedingung erfüllt und zusätzliche Erfassungskriterien werden im Schritt **330.1** ausgewertet. Anderenfalls fährt das Verfahren für die nächste Iteration mit dem Schritt **150** fort.

[0087] Als eine fünfte Erfassungsbedingung des Schritts **330.1** wird die Größe der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x mit einem zugeordneten zweiten Kippatenschwellenwert ω^{Thr_2} zum Zeitpunkt der voraussichtlichen Auslösung der Sicherheitsbetätigungseinrichtung(en) **30** wie folgt verglichen:

$$\omega'_x(n^M) > \omega^{\text{Thr}_2}$$

[0088] Beispielsweise beträgt der zweite Kippratenschwellwert ω^{Thr_2} etwa 50 Grad/sec. Die fünfte Erfassungsbedingung stellt sicher, dass das Fahrzeug **12** eine signifikante Winkelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Auslösung der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** erfährt. Die zweite und die fünfte Erfassungsbedingung vermeiden in Kombination, dass schwere Seitenaufprallereignisse die Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** auslösen. Die fünfte Erfassungsbedingung vermeidet auch, dass eine ausgefallene Querschleunigungsmesseinrichtung **18** – die ein großes, falsches Querschleunigungssignal anzeigt – eine nicht beabsichtigte Auslösung der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** verursacht. Falls im Schritt **330.1** die Größe der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x größer als der zweite Kippratenschwellwert ω^{Thr_2} ist, dann ist die fünfte Erfassungsbedingung erfüllt und das Verfahren fährt mit dem Schritt **340** fort. Anderenfalls fährt das Verfahren für die nächste Interration mit dem Schritt **150** fort.

[0089] Der hierin beschriebene Maßalgorithmus **300.1** wurde mit Daten von einer Serie von Fahrzeugüberrollversuchen erfolgreich getestet, und es wurde gezeigt, dass er eine zuverlässige Vorhersage eines letztendlichen Überrollens des Fahrzeuges bereitstellt. Bei Kippereignissen, die durch eine hohe Querschleunigung ausgelöst werden, kann eine Vorhersage relativ schnell gemacht werden, was ermöglicht, dass der Maßalgorithmus **300.1** die Airbags vor einer Kopfraumeinengung bei dem Typ von Kippereignissen einsetzt, wo die Kopfraumeinengung typischerweise am schnellsten auftritt. Im Allgemeinen ist der Maßalgorithmus **300.1** beim Bereitstellen einer relativ frühzeitigen Überrollerfassung und einem relativ frühen Auslösezeitpunkt (time-to-fire; TTF) der zugeordneten Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** bei Kippereignissen in einem kurzen Zeitraum und bei Kippereignissen in einem mittleren Zeitraum, ähnlich wie bei einem Anfahren eines Randsteines und bei Ereignissen des Typs mit einer Querverzögerung mit einem hohen g-Wert nützlich.

[0090] Demgemäß stellt das Überrollerfassungssystem **10**, das den Maßalgorithmus **300.1** umfasst, eine verbesserte Unterscheidung eines Überrollens eines Fahrzeuges durch Folgendes bereit, was Überrollairbagauslösezeiten erlaubt, die die Kopfraumeinengungszeiten für einen Insassen erfüllen, während unbeabsichtigte Auslösungen minimiert werden:

Verwendung der gemessenen Querschleunigung, um das Vorhersagen einer zukünftigen (20 bis 30 msec späteren) Kippbewegung zu unterstützen;

Kombinieren der Querschleunigung mit der Winkelgeschwindigkeit und dem Gesamtdrehwinkel, um ein Maß des aktuellen Rotationszustandes und der Dynamik und die Anregungsfunktion zu erzeugen, die die Drehung hervorruft, ohne dass es erforderlich ist, die anfängliche Fahrzeugwinkelinformation für Kippereignisse zu verwenden, wo der Anfangswinkel weniger als 20° von der Horizontalen beträgt; und

Verwendung von fahrzeugspezifischer Dynamikeigenschaften, wie sie von Überrollversuchsdaten hergeleitet werden) in Kombination mit früher gemessenen Fahrzeugreaktionen, um eine Vorhersage eines letztendlichen Überrollens des Fahrzeuges zu ermöglichen, bevor eine solche Folge definitiv ist.

[0091] Bezugnehmend auf [Fig. 10](#) sind vier unterschiedliche Versuchszustände für ein Fahrzeug – die als Versuch A, Versuch B, Versuch C und Versuch D bezeichnet sind, zu Veranschaulichungszwecken und zwecks Vergleich des Maßalgorithmus **300.1** mit dem Energiealgorithmus **300.2** (der Energiealgorithmus **300.2** ist hierin nachstehend vollständiger beschrieben) tabellenartig dargestellt. Die Versuche A und B sind Versuche vom Korkenziehertyp, die Zustände darstellen, bei denen der Energiealgorithmus **300.2** eine schnellere Überrollerfassung zeigt als der Maßalgorithmus **300.1**, und die Versuche C und D sind Verzögerungsschlitterversuche, bei denen der Maßalgorithmus **300.1** eine schnellere Überrollerfassung als der Energiealgorithmus **300.2** zeigt. Das Fahrzeug überrollte sich in den Versuchen A und D, aber es überrollte sich nicht in den Versuchen B und C, aber es erreichte jedoch einen maximalen Kippwinkel von 37 Grad bzw. 34 Grad. Die anfängliche Fahrzeuggeschwindigkeit, die durchschnittliche Fahrzeugverzögerung und die zugeordneten Erfassungs- und Ereigniszeiten sind auch in [Fig. 10](#) tabellenartig dargestellt, wobei die Kopfraumeinengungszeit der Zeitpunkt ist, zu dem der Kopf des Insassen (des Dummies) tatsächlich gegen den Innenraum des Fahrzeuges geprallt ist.

[0092] Unter Bezugnahme auf [Fig. 11a–d](#) werden die gefilterte Kipprate (Winkelrate) von dem Winkelratensensor **20**, der Kippwinkel, und die gefilterte Querschleunigung von einer Querschleunigungsmesseinrichtung **18** als eine Funktion der Zeit für jeden der Versuche A bis D jeweils gemäß den Zuständen dargestellt, die in [Fig. 10](#) tabellenartig dargestellt sind.

[0093] Unter Bezugnahme auf [Fig. 12](#) wird das berechnete Bewertungskriterium FOM für die Versuche C und D als eine Funktion der Maßereigniszeit Δt^M , d.h. dem Zeitraum seit dem Anfang des Maßalgorithmus **300.1**, für die tatsächlichen Schlitterverzögerungsversuche eines speziellen Fahrzeugtyps gemäß der Tabelle von

[Fig. 10](#) aufgetragen. [Fig. 12](#) stellt auch eine zugeordnete Schwellenwertfunktion $FOM^{Thr}(\Delta t^M)$ für den speziellen Fahrzeugtyp dar. Der Versuch D verursachte, dass das Fahrzeug übergerollt ist, und der Versuch C erreichte einen maximalen Drehwinkel von etwa 34° . Das Bewertungskriterium $FOM(n^M)$, das durch den hierin beschriebenen Maßalgorithmus **300.1** in Verbindung mit der zugeordneten Schwellenwertfunktion $FOM^{Thr}(\Delta t^M)$ berechnet wurde, ermöglicht eine Auslösezeit (firing time; TTF) von 98 msec nach dem Anfang des Kippereignisses für den Versuch D, bei dem das Fahrzeug überrollte, was sich wesentlich vor der zugeordneten Kopfraumeinengungszeit von 196 msec befindet, was so 98 msec bereitstellt, innerhalb derer der zugeordnete eine oder die zugeordneten mehreren Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** ausgelöst werden können. Die Sicherungskriterien des zugeordneten Sicherungsalgorithmus **200** waren 26 msec nach dem Anfang des Kippereignisses erfüllt, was wesentlich früher stattfand, bevor das Erfassungskriterium von dem Maßalgorithmus **300.1** erfüllt war. Vergleichsweise waren die Erfassungskriterien des hierin nachstehend beschriebenen Energiealgorithmus **300.2** für das Ereignis von des Versuch D bis nach 594 msec nach dem Anfang des Kippereignisses nicht erfüllt, was wesentlich nach der zugeordneten Kopfraumeinengungszeit ist, was so den Nutzen des Maßalgorithmus **300.1** für das Überrollereignis des Versuchs D darstellt.

[0094] Bezugnehmend auf [Fig. 6](#), [Fig. 8a–c](#) und [Fig. 9a–b](#) wird der Energiealgorithmus **300.2** genauer erläutert, wobei die Schritte von [Fig. 6](#) die Erfindung "2" aufweisen, um ihre Zuordnung damit anzuzeigen. Der LAUFENDES_EREIGNIS_INDIKATOR für den Energiealgorithmus **300.2** – der als der LAUFENDES_ENERGIE_EREIGNIS_INDIKATOR bezeichnet wird – wird im Schritt **308.2** beim Erfüllen der Eintrittskriterien im Schritt **306.2** gesetzt und wird im Schritt **320.2** beim Erfüllen der Austrittskriterien im Schritt **322.2** zurückgesetzt. Der LAUFENDES_ENERGIE_EREIGNIS_INDIKATOR könnte beispielsweise einem speziellen Ort im Speicher **28** des zugeordneten Prozessors **26** entsprechen, der den Energiealgorithmus **300.2** implementiert. Bei den nach dem Eintritt folgenden Schritten **306.2** wird der Energiealgorithmus **300.2** nachfolgend nicht verlassen, bis entweder das Energieereignisaustrittskriterium im Schritt **322.2** erfüllt ist oder bis ein Kippereignis erfasst wird, das ein Auslösen der Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtungen **30** verursacht. Nachdem das Energieereignisaustrittskriterium erfüllt ist und der Energiealgorithmus **300.2** verlassen wurde, kann in den Energiealgorithmus **300.2** nachfolgend wieder eingetreten werden, falls das zugeordnete Energieeintrittskriterium nachfolgend erfüllt ist.

[0095] Der Energiealgorithmus **300.2** verwendet das Signal der Winkelgeschwindigkeit ω_x von dem Winkelratensensor **20**, um den Kippzustand des Fahrzeuges zu bestimmen und die Gesamtenergie (kinetische Rotationsenergie und Potentialenergie) des Fahrzeuges **12** mit dem zu vergleichen, was zum vollständigen Überrollen erforderlich ist.

[0096] Im Schritt **306.2** ist das Eintrittskriterium des Energiealgorithmus **300.2** beispielsweise, dass die Größe des kompensierten Querschleunigungsanteils A'_y größer als ein erster Beschleunigungsschwellenwert A_y^{Thr-1} ist oder dass die Größe der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x größer als ein erster Kipppratenschwellenwert ω^{Thr-1} ist, d.h.:

$$|A'_y(n^E)| > A_y^{Thr-1} \text{ oder } |\omega'_x(n^E)| > \omega^{Thr-1}$$

[0097] Bei einem Beispiel eines speziellen Fahrzeugtyps wurden auf Basis tatsächlicher Überrolldaten der erste Beschleunigungsschwellenwert A_y^{Thr-1} auf etwa 1,4 g (wie für den Maßalgorithmus **300.1**) und der erste Kipppratenschwellenwert ω^{Thr-1} auf etwa 19 Grad/sec gesetzt. Es ist zu erkennen, dass dieser Schwellenwert sowie der Wert der anderen Parameter des Energiealgorithmus **300.2** im Allgemeinen von den Charakteristika des speziellen zugeordneten Fahrzeuges **12** oder der zugeordneten Klasse von Fahrzeugen abhängt und dass der spezielle Wert, der bei einem speziellen Überrollerfassungssystem **10** verwendet wird, für eine verbesserte Unterscheidung in Abhängigkeit von der Art des zugeordneten Fahrzeuges **12** oder der zugeordneten Klasse von Fahrzeugen angepasst werden kann.

[0098] Im Schritt **310.2** wird beim anfänglichen Eintritt in den Energiealgorithmus **300.2** nach dem Schritt **306.1** der Energiealgorithmus **300.2** initialisiert. Ein Abtastereigniszähler n^E und der Wert für die Winkelposition $\theta^E(-1)$ werden initialisiert – beispielsweise mit Werten von Null. Auch der Abtastzeitpunkt $t^E(-1)$ gerade vor dem Zeitpunkt des Eintrittsereignis wird auf einen Wert des Zeitpunktes des Ereignisenergieeintritts $t^E(0)$ initialisiert, der auf einen Wert des aktuellen Zeitpunkts t initialisiert wird, und der Zeitraum $\Delta t^E(0)$ seit dem Eintritt in den Algorithmus wird auf einen Wert von Null initialisiert. Außerdem werden ein zweiter Abtastereigniszähler n_ω^E sowie ein Zeitraum Δt^E seit der Änderung der Kipprichtung auf Null initialisiert. Der hierin verwendete hochgestellte Buchstabe "E" bezeichnet die dem Energiealgorithmus **300.2** zugeordneten Variablen.

[0099] Falls im Schritt **304.2** der LAUFENDES_ENERGIE_EREIGNIS_INDIKATOR gesetzt ist, dann wird bei

der nachfolgenden Iteration des Energiealgorithmus **300.2** im Schritt **312.2** der Abtastereigniszähler n^E inkrementiert, der zugeordnete aktuelle Abtastzeitpunkt $t^E(n^E)$ wird gleich dem aktuellen Zeitpunkt t gesetzt und der Energieereigniszeitraum Δt^E wird wie folgt als der Zeitraum berechnet, der sich vom Zeitpunkt des Energieereigniseintritts $t^E(0)$ zum aktuellen Zeitpunkt $t^E(n^E)$ erstreckt:

$$\Delta t^E(n^E) = t^E(n^E) - t^E(0).$$

[0100] Im Schritt **322.2** ist beispielsweise ein Austrittskriterium des Energiealgorithmus **300.2** ist, dass die Energieereigniszeit Δt^E größer als ein maximaler Zeitdauerschwellenwert Δt_{\max}^E ist, d.h.:

$$\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{\max}^E.$$

[0101] Ein weiteres Austrittskriterium des Energiealgorithmus **300.2** ist beispielsweise, dass der Energieereigniszeitraum Δt^E größer als ein minimaler Zeitraumschwellenwert Δt_{\min}^E ist und dass der Zeitraum, seit dem das Eintrittskriterium des Schritts **306.2** das letzte Mal erfüllt wurde, größer als ein zweiter Zeitraumschwellenwert $\Delta t_{\text{Event}}^E$ ist, d.h. wie folgt:

$$\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{\min}^E \text{ und } \Delta t^E(n^E) - \Delta t^{E*} > \Delta t_{\text{Event}}^E.$$

[0102] Der Energiealgorithmus **300.2** erfordert einen wesentlichen längeren Zeitraum als der Maßalgorithmus **300.1**, bevor er wieder gestartet wird (d.h. aus ihm ausgetreten wird und zurückgesetzt wird) wegen der Möglichkeit von relativ langsamen Überrollereignissen. Für das Beispiel eines speziellen Fahrzeugtyps wurden basierend auf tatsächlichen Überrolldaten der Zeitraumschwellenwert Δt_{\max}^E auf etwa 12 sec, der minimale Zeitraumschwellenwert Δt_{\min}^E auf etwa 4 sec und der zweite Zeitraumschwellenwert $\Delta t_{\text{Event}}^E$ auf etwa 2 sec gesetzt. Demgemäß wird bei diesem Beispiel der Energiealgorithmus **300.2** für zumindest 4 sec aber nicht länger als 12 sec ausgeführt und wird in Abhängigkeit von diesen Beschränkungen verlassen, falls der Zeitraum, seit dem das Eintrittskriterium das letzte Mal erfüllt war, 2 sec überschreitet. Beim Austritt aus dem Energiealgorithmus **300.2** wird der LAUFENDES_ENERGIE_EREIGNIS_INDIKATOR im Schritt **320.2** zurückgesetzt, nach welchem die anschließende Erfüllung der Eintrittskriterien im Schritt **306.2** verursacht, dass die dem Energiealgorithmus **300.2** zugeordneten Variablen im Schritt **310.2** initialisiert werden.

[0103] Falls im Schritt **322.2** das Austrittskriterium nicht erfüllt ist, dann werden die Algorithmusberechnungen im Schritt **326.2** für die spezielle Iteration des Energiealgorithmus **300.2** wie folgt aktualisiert.

[0104] Zuerst wird die Winkelposition θ^E geschätzt, indem der vorzeichenbehaftete Wert der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x wie folgt integriert wird:

$$\theta^E(n^E) = \theta^E(n^E - 1) + \omega'_x(n^E) \cdot dt;$$

wobei die Integrationszeitschrittweite dt durch die Differenz zwischen dem Zeitpunkt $t^E(n^E)$ bei der aktuellen Iteration und dem Zeitpunkt bei der vorangegangenen Iteration $t^E(n^E - 1)$ – wobei die Differenz bei einer gleichmäßigen Abtastrate konstant wäre – wie folgt gegeben ist:

$$dt = t^E(n^E) - t^E(n^E - 1);$$

und die kompensierte Winkelgeschwindigkeit ω'_x gegeben ist durch:

$$\omega'_x(t) = \hat{\omega}_x(t) - \hat{\omega}_x^{\text{Offset}}(t).$$

[0105] Im Schritt **326.2** sind die Berechnungen des Algorithmus ferner dazu ausgebildet, Offsets in dem Signal der Winkelgeschwindigkeit ω_x entweder aufgrund eines Gyroskopfehlers oder eines Offsets infolge einer signifikanten Fahrzeugbewegung zu kompensieren, die nicht anders in geeigneter Weise in der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x kompensiert werden können, insbesondere bei holprigen Straßenbedingungen, bei denen das Signal der Winkelgeschwindigkeit ω_x ein stark oszillierendes Verhalten zeigen kann. Der Energiealgorithmus **300.2** beendet sich nicht innerhalb von zumindest $\Delta t_{\text{Event}}^E$ Sekunden, beispielsweise 2 Sekunden, nach dem letzten Zeitpunkt, zu dem die Algorithmuseintrittskriterien erfüllt waren, was dadurch für eine ausge dehnte Dauer des Energiealgorithmus **300.2** von bis zu Δt_{\max}^E Sekunden, beispielsweise 12 Sekunden, sorgt, die zu wesentlichen Kippwinkelintegrationsfehlern (beispielsweise 24° bis 36°) bei einem relativ kleinen Offset – beispielsweise 2 bis 3 Grad/sec – in dem Signal von dem Winkelratensensor **20** führen kann. Auf einer holprigen Straße kann das Fahrzeug **12** eine starke oszillierende Kippbewegung zeigen und ein "holprige-Stra-

ße-Ereignis" würde durch eine Winkelgeschwindigkeit ω_x gekennzeichnet sein, die um den wahren Winkelgeschwindigkeits-Offset $\bar{\omega}_x^{\text{Offset}}(t)$ oszilliert. Beispielsweise ist unter Bezugnahme auf [Fig. 13](#) ein Signal der Winkelgeschwindigkeit ω_x mit einem wahren Winkelgeschwindigkeits-Offset $\bar{\omega}_x^{\text{Offset}}(t)$ von $-6,5$ Grad/Sekunde als Funktion der Zeit aufgetragen. Weil typische Kippereignisse keine Änderung des Vorzeichens der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω_x während des Kippereignisses zeigen, ist es möglich, einen Zustand mit einer holprigen Straße aus dem Oszillieren des Signals der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω_x zu erkennen. Unter diesen Bedingungen wird der integrierte Kippwinkel θ^E jedes Mal, wenn die kompensierte Winkelgeschwindigkeit ω'_x das Vorzeichen ändert, in Richtung 0° gemäß der vorliegenden Gleichung gedämpft:

$$\theta^E(n^E) = \theta^E(n^E - 1) \cdot \text{MAX}\left(\frac{1024 - (n^E - n_\omega^E)}{1024}; 0,5\right) \text{ und}$$

$$n_\omega^E = n^E;$$

wobei der Zähler n_ω^E gleich dem Ereignisabtastrwertzähler n^E zum Zeitpunkt der Umkehr gesetzt wird, was ein Dämpfen des Kippwinkels θ^E um einen Betrag zwischen $0,1\%$ und 50% bereitstellt, jedes Mal, wenn die kompensierte Winkelgeschwindigkeit ω'_x die Richtung ändert, und zwar in Abhängigkeit von dem Zeitraum seit der letzten Änderung der Richtung.

[0106] Unter Bezugnahme auf [Fig. 14](#) wird die Auswirkung der zuvor beschriebenen Kompensation des Kipposzillationseffekts dargestellt, wobei der Kippwinkel θ^E , der von den in [Fig. 13](#) dargestellten Daten der Winkelgeschwindigkeit ω_x (Kipprate) integriert wird, als eine Funktion der Zeit für verschiedene Bedingungen aufgetragen wird. Als erste Bedingung wird der wahre Winkelgeschwindigkeits-Offset $\bar{\omega}_x^{\text{Offset}}(t)$ von $-6,5$ Grad/Sekunde vor der Integration entfernt. Als zweite Bedingung wird der Kippwinkel θ^E aus den Daten der mit einem systematischen Fehler behafteten Winkelgeschwindigkeit ω_x integriert und dann, wie zuvor hierin beschrieben wurde, hinsichtlich der Kipposzillation kompensiert. Als dritte Bedingung wird der Kippwinkel θ^E aus den Daten der mit dem systematischen Fehler behafteten Winkelgeschwindigkeit ω_x ohne der zuvor beschriebenen Kompensation für die Kipposzillation kompensiert, was das Potential einer falschen Erfassung eines Kippereignisses infolge eines unkompensierten systematischen Fehlers der Winkelgeschwindigkeit ω_x für relativ lange Integrationsintervalle zeigt. Die zuvor beschriebene Kompensation der Kipposzillation korrigiert im Wesentlichen die durch die Kipposzillation eingeführten Integrationsfehler, ohne die Erfassung eines tatsächlichen Überrollereignisses nachteilig zu beeinträchtigen, bei dem die Winkelgeschwindigkeit ω_x im Wesentlichen unidirektional ist.

[0107] Im Schritt **326.2** sorgen die Berechnungen des Algorithmus ferner für ein Aufzeichnen des letzten Zeitpunkts, zu dem die Eintrittskriterien des Schritts **306.2** erfüllt sind, um eine zusätzliche Basis für die Austrittskriterien des Schritts **322.2** wie folgt bereitzustellen:

Falls $|A'_y(n^E)| > A_y^{\text{Thr}-1}$ oder $\omega'_x(n^E) > \omega_x^{\text{Thr}-1}$ dann $\Delta t^{E*} = \Delta t^E$.

[0108] Nach den Berechnungen des Algorithmus im Schritt **322.2** umfassen die Erfassungskriterien des Algorithmus, die im Schritt **330.2** ermittelt werden, eine Mehrzahl von Erfassungsbedingungen, wie beispielsweise in [Fig. 8c](#) dargestellt sind. Falls alle Erfassungsbedingungen erfüllt sind – so dass im Allgemeinen ein Energieereignisschwellenwert überschritten ist – dann wird es für wahrscheinlich gehalten, dass ein Überrollen auftritt und falls im Schritt **340** ein zugeordnetes Sicherungskriterium von dem Sicherungsalgorithmus **200** erfüllt ist, dann wird im Schritt **350** die zugeordnete eine oder die zugeordneten mehreren Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) 30 ausgelöst, um eine Verletzung der/des zugeordneten Insassen zu verringern. Die Erfassungskriterien des Energiealgorithmus **300.2** werden gemäß einer Erfassungsphilosophie etabliert, die derjenigen ähnelt, die hierin vorstehend für den Maßalgorithmus **300.1** beschrieben wurde.

[0109] Die grundsätzlichen Erfassungskriterien des Energiealgorithmus **300.2** basieren auf dem Verhalten der kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x und dem Kippwinkel θ^E und der ihnen zugeordneten Bahn in dem zugeordneten Phasenraum der Winkelgeschwindigkeit und des Kippwinkels (d.h. im ω - θ -Phasenraum). Ein Beispiel des ω - θ -Phasenraums ist in [Fig. 15](#) dargestellt.

[0110] Gemäß der Dynamik starrer Körper gibt es eine theoretische Schwellenwertgrenze in dem Phasenraum, die zwischen Kippereignissen und Nicht-Kippereignissen eines zugeordneten starren Körpers unterscheidet. Beispielsweise ist diese theoretische Schwellenwertgrenze gegeben durch:

$$\omega^{Thr}(\theta) = \sqrt{\frac{2mg \cdot \left[\frac{\tau^2}{4} + h_{CG}^2 \right]^{1/2} \cdot \left[1 - \sin \left(\theta + \tan^{-1} \left(\frac{2h_{CG}}{T} \right) \right) \right]}{I}};$$

wobei mg das Gewicht des Fahrzeuges, T die Fahrzeugspurweite, I das Trägheitsmoment des Fahrzeuges beim Kippen und h_{CG} die Höhe des Schwerpunktes des Fahrzeuges ist. Diese Gleichung ist in der ω - θ -Ebene über den interessierenden Bereich (region of interest) nahezu linear. Wegen der Auswirkungen nicht starrer Körper wird jedoch der praktische Schwellenwertgrenzwert als stückweise lineare Grenze vorteilhaft modelliert, die beispielsweise eine Reihe von 5 oder 6 miteinander verbundenen Liniensegmenten aufweist, die im Allgemeinen der zuvor beschriebenen theoretischen Schwellenwertgrenze folgen, die aber für ein spezielles Fahrzeug **12** oder eine spezielle Fahrzeugplattform zugeschnitten sein kann, um die Unterscheidung zwischen einem Kippereignis und einem Nicht-Kippereignis zu verbessern. Im Allgemeinen könnte diese Grenze entweder durch eine Funktion im Phasenraum (z.B. eine Funktion des Kippwinkels θ), durch eine stückweise Funktion im Phasenraum (beispielsweise eine stückweise Funktion des Kippwinkels θ) oder durch eine Zuordnungstabelle im Phasenraum dargestellt werden. Unter Bezugnahme auf [Fig. 15](#) werden tatsächliche Überrollversuchsdaten – die unter Verwendung eines hierin zuvor beschriebenen Gleitenden-Mittelwert-Filters gefiltert wurden – für die Versuche A und B von [Fig. 11a](#) bzw. [Fig. 11b](#) gemäß den Bedingungen von [Fig. 10](#) in dem ω - θ -Phasenraum zusammen mit einem Beispiel der zugeordneten theoretischen Schwellenwertgrenze und einem Beispiel einer praktischen stückweise linearen Schwellenwertgrenze aufgetragen.

[0111] Die Distanz zwischen dem aktuell geordneten Paar $(\omega_x(n^E), \theta^E(n^E))$ und dem linearen Segment der praktischen Schwellenwertgrenze wird für jede Iteration des linearen Segments berechnet, dessen zugeordnete Endpunktswinkelwerte θ_k, θ_{k+1} den aktuellen Kippwinkel $\theta^E(n^E)$ begrenzen. Jedes lineare Segment der praktischen Schwellenwertgrenze wird durch seine Endpunkte (ω_k, θ_k) und $(\omega_{k+1}, \theta_{k+1})$ definiert. Die Distanz D zwischen dem aktuell geordneten Paar und dem geeigneten linearen Segment der praktischen Schwellenwertgrenze ist gegeben durch:

$$D(\tilde{\omega}_x, \theta^E, n^E, k) = \frac{[(\omega_{k+1} - \omega_k) \cdot (\theta^E(n^E) - \theta_k) - (\theta_{k+1} - \theta_k) \cdot (\omega'_x(n^E) - \omega_k)]}{\sqrt{(\theta_{k+1} - \theta_k)^2 + (\omega_{k+1} - \omega_k)^2}};$$

wodurch, falls diese Distanz kleiner als Null ist, folglich die praktische Schwellenwertgrenze überschritten wurde.

[0112] Die Steigung der Bahn von $(\omega'_x(n^E), \theta^E(n^E))$ in dem ω - θ -Phasenraum ist gegeben durch:

$$Steigung(n^E) = \frac{\omega'_x(n^E) - \omega'_x(n^E - 1)}{\theta^E(n^E) - \theta^E(n^E - 1)};$$

und der zugeordnete Winkel dieser Steigung im ω - θ -Phasenraum ist gegeben durch:

$$\beta = \tan^{-1} \left(Steigung(n^E) \cdot \frac{180}{\pi} \right).$$

[0113] Falls sich im Schritt **330.2** der Winkel β innerhalb der Grenzen befindet (d.h. $\beta^{\min} < \beta < \beta^{\max}$, wobei beispielsweise $\beta^{\max} = 75^\circ$ und $\beta^{\min} = 90^\circ$ ist), falls die Größe der Kipptrate mit der Zeit zunimmt (d.h. $|\omega'_x(n^E)| - |\omega_x(n^E - 1)| > 0$), falls die Distanz zur praktischen Schwellenwertgrenze kleiner als Null ist (d.h. $D(\tilde{\omega}_x, \theta^E, n^E, k) < 0$) und falls der Kippwinkel θ^E größer als ein Kippwinkelschwellenwert θ^{Thr} ist (d.h. $|\theta^E| > \theta^{Thr}$, wobei beispielsweise $\theta^{Thr} = 10^\circ$ ist), dann sind die Energiedetektionskriterien erfüllt. Andernfalls sind die Energiedetektionskriterien erfüllt, falls die Distanz im ω - θ -Phasenraum kleiner als ein Schwellenwert D^{Thr} (d.h. $D(\tilde{\omega}_x, \theta^E, n^E, k) < D^{Thr}$ ist, wobei beispielsweise

$$D^{Thr} = -2,5 \sqrt{\deg^2 + (\deg/\sec)^2}$$

beträgt und der Kippwinkel θ^E größer als der Kippwinkelschwellenwert θ^{Thr} (d.h. $|\theta^E| > \theta^{Thr}$) ist. Falls die Energiedetektionskriterien im Schritt **330.2** erfüllt sind und falls im Schritt **340** die Sicherheitskriterien erfüllt sind, dann werden im Schritt **350** die zugeordnete eine oder die zugeordneten mehreren Sicherheitsrückhaltebetätigungseinrichtung(en) **30** ausgelöst, um eine Verletzung des/der zugeordneten Insassen zu verringern.

[0114] Die Auslöseentscheidung des Energiealgorithmus **300.2** ist nicht verriegelt, so dass, falls das Sicherungskriterium zu dem Zeitpunkt, zu dem das Erfassungskriterium des Energiealgorithmus **300.2** erfüllt ist, nicht erfüllt ist, der Energiealgorithmus **300.2** weiterhin iteriert wird, bis entweder das Sicherungskriterium erfüllt ist oder andernfalls der Energiealgorithmus **300.2** im Schritt **322.2** verlassen wird.

[0115] Es versteht sich, dass der Maßalgorithmus **300.1** und der Energiealgorithmus **300.2** seriell oder parallel auf einem gemeinsamen Prozessor **26** oder auf separaten Prozessoren **26** ausgeführt werden können. Falls sie seriell ausgeführt werden, dann werden die in [Fig. 6](#) dargestellten Schritte für eine Iteration für einen der Algorithmen abgeschlossen und dann würde der andere Algorithmus entweder mit dem Schritt **302** für den ersten Durchlauf oder mit dem Schritt **150** für die nachfolgenden Durchläufe beginnen.

[0116] Obwohl der Überrollerfassungsalgorithmus mit Gleichungen in einer speziellen Form dargestellt wurde, versteht es sich, dass diese Berechnungen auf einem speziellen Prozessor **26** auf eine Vielfalt von Wegen implementiert werden können, ohne den Bereich der Lehren hierin zu verlassen. Beispielsweise können die speziellen hierin beschriebenen Berechnungen eine Modifikation erfordern, damit sie auf einem speziellen Prozessor praktisch implementiert werden können, beispielsweise in Abhängigkeit von der Auflösung des zugeordneten Analog/Digital-Wandlers und des Typs und der Genauigkeit der mathematischen Operationen, die durch den speziellen Prozessor **26** durchgeführt werden können, und der bevorzugten Wortgröße des speziellen Prozessors **26**.

[0117] Obwohl der Kippunterscheidungsalgorithmus hierin so dargestellt ist, dass er auf abgetastete Daten angewendet wird, versteht es sich, dass der Algorithmus auch kontinuierlich implementiert werden könnte, beispielsweise unter Verwendung eines analogen Prozessors. Außerdem versteht es sich, dass der Abtastereigniszähler n^M in der tatsächlichen Implementierung des Kippunterscheidungsalgorithmus entweder explizit oder implizit vorhanden sein kann und dass die zugehörigen zeitabhängigen Variablen als Funktionen entweder der Zeit t oder des Abtastereigniszählers n^M , n^E ausgedrückt werden können.

[0118] Obwohl der Maßalgorithmus **300.1** und der Energiealgorithmus **300.2** so dargestellt wurden, dass sie ein Maß des Kippwinkels verwenden, das durch Integrieren der zugehörigen kompensierten Winkelgeschwindigkeit ω'_x erhalten wird, versteht es sich, dass ein gemessener Kippwinkel, beispielsweise von einem Neigungssensor, anstelle des berechneten Kippwinkels verwendet werden könnte.

[0119] Die Parameter des hierin beschriebenen Kippunterscheidungsalgorithmus werden von den zugehörigen Versuchsdaten hergeleitet und können eine Anpassung erfordern, falls sie bei anderen Fahrzeugtypen als jene, für welche die Parameter hergeleitet wurden, angewendet werden, wobei ein Kriterium für die Anpassung beispielsweise eine robuste und frühe Erfassung von Überrollereignissen ist, während auch in dem möglichen Maß eine falsche Unterscheidung von Nicht-Überrollereignissen als Überrollereignisse vermieden wird. Die speziellen Werte für verschiedene hierin beschriebene Parameter werden nicht als beschränkend aufgefasst und können sich beispielsweise für verschiedene Fahrzeugtypen unterscheiden, die eine unterschiedliche Anfälligkeit für ein Überrollen haben. Beispielsweise wäre ein Fahrzeug mit einem relativ hohen Schwerpunkt oder einem relativ engen Radstand – beispielsweise eine Geländesportlimousine (sport-utility vehicle) für ein Überrollen anfälliger als ein Fahrzeug mit einem relativ niedrigen Schwerpunkt und einem relativ breiten Radstand – beispielsweise eine Limousine. Ferner könnte das Überrollerfassungssystem **10** auch dazu ausgebildet sein, Längskippereignisse, beispielsweise um die lokale Y-Achse des Fahrzeuges, zu erfassen, indem eine zugehörige Längsbeschleunigungsmesseinrichtung und ein Kippratensensor vorgesehen werden.

[0120] Obwohl spezielle Ausführungsformen detailliert beschrieben wurden, verstehen Fachleute, dass verschiedene Modifikationen und Alternativen an jenen Details im Lichte der Gesamtlehren der Offenbarung entwickelt werden können. Demgemäß ist beabsichtigt, dass die speziellen offenbarten Anordnungen lediglich als veranschaulichend aufzufassen sind und nicht den Bereich der Erfindung beschränken, der durch die beigefügten Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug, aufweisend das:
 - (a) Vorsehen einer Erfassung eines Maßes einer Querbewegung des Fahrzeuges (**152**);
 - (b) Vorsehen einer Erfassung eines Maßes einer Winkelgeschwindigkeit des Fahrzeuges (**158**);
 - (c) Vorsehen einer Bestimmung eines Anfangszeitpunktes in Reaktion auf das Maß der Querbewegung und/oder das Maß der Winkelgeschwindigkeit (**310**);
 - (d) Vorsehen einer Bestimmung einer Zeitspanne, die mit dem Anfangszeitpunkt beginnt (**312**); und

- (e) Vorsehen einer Bestimmung eines Schwellenwertes eines Beurteilungskriteriums (**330.1**); gekennzeichnet durch
- (f) Vorsehen einer Bestimmung eines Bewertungskriteriums in Reaktion auf das Maß der Querschleunigung und das Maß der Winkelgeschwindigkeit (**326.1**);
und
- (g) Vorsehen einer Detektion des Überrollzustandes durch Vergleichen des Bewertungskriteriums mit dem Schwellenwert des Bewertungskriteriums (**330.1**); wobei der Schwellenwert des Bewertungskriteriums entweder eine Funktion der Zeitspanne oder eine Konstante ist.

2. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach Anspruch 1, ferner aufweisend das Vorsehen des Filterns des Maßes der Querschleunigung und/oder des Maßes der Winkelgeschwindigkeit, wobei der Filtervorgang einen ersten Filtervorgang mit einer ersten Filtercharakteristik und einen zweiten Filtervorgang mit einer zweiten Filtercharakteristik umfasst.

3. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach Anspruch 2, wobei die erste Filtercharakteristik eine erste Zeitkonstante umfasst, die zweite Filtercharakteristik eine zweite Zeitkonstante umfasst und die zweite Zeitkonstante größer als die erste Zeitkonstante ist.

4. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei der zweite Filtervorgang nach dem Anfangszeitpunkt unterbrochen wird und der zweite Filtervorgang nach einer zweiten Zeitspanne, die auf den Anfangszeitpunkt folgt, fortgesetzt wird.

5. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei das Maß der Winkelgeschwindigkeit um ein Winkelgeschwindigkeits-Offsetmaß aus dem zweiten Filtervorgang kompensiert wird.

6. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Beurteilungskriterium auf eine Maßfunktion anspricht und die Maßfunktion einen Produktausdruck umfasst, der ein Produkt eines Kraftmaßes und eines Maßes kinetischer Rotationsenergie umfasst.

7. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach Anspruch 6, wobei das Kraftmaß auf das Maß der Querschleunigung anspricht.

8. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei das Maß der kinetischen Rotationsenergie auf das Maß der Winkelgeschwindigkeit anspricht.

9. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei der Produktausdruck ferner ein Produkt eines Maßes der Potentialenergie umfasst.

10. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach Anspruch 9, ferner umfassend den Vorgang des Vorsehens einer Bestimmung oder einer Erfassung eines Maßes des Winkels des Fahrzeuges, wobei das Maß der Potentialenergie auf das Maß des Winkels reagiert.

11. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei die Maßfunktion ferner einen vorangegangenen Wert der Maßfunktion umfasst.

12. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Vorgang der Detektion des Überrollzustandes ferner auf die Zeitspanne anspricht, die länger als ein ersten Zeitspannenschwellenwert und kürzer als ein zweiter Zeitspannenschwellenwert ist.

13. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Vorgang des Detektierens des Überrollzustandes ferner auf das Beurteilungskriterium reagiert, das über die Zeit an Größe zunimmt.

14. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 13, ferner umfassend das Vorsehen der Bestimmung aus dem Maß der Querschleunigung und/oder dem Maß der Winkelgeschwindigkeit, ob ein Sicherheitskriterium erfüllt ist.

15. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei das Sicherungskriterium erfüllt ist, falls zu einem auf den Anfangszeitpunkt folgenden ersten Zeitpunkt eine Größe des Maßes der Beschleunigung größer als ein erster Beschleunigungsschwellenwert ist und/oder zu einem auf den Anfangszeitpunkt folgenden zweiten Zeitpunkt eine Größe des Maßes der Winkelgeschwindigkeit größer als ein dritter Winkelgeschwindigkeitsschwellenwert ist, wobei der erste Zeitpunkt und der zweite Zeitpunkt bezüglich einander willkürlich sind.

16. Verfahren zum Bereitstellen einer Überrollzustandserfassung bei einem Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 15, ferner umfassend das Vorsehen einer Rekalibrierung eines Beschleunigungssensors, der das Maß der Querschleunigung bereitstellt, und/oder eines Winkelgeschwindigkeitssensors, der das Maß der Winkelgeschwindigkeit bereitstellt, in Reaktion auf eine Größe des Maßes der Winkelgeschwindigkeit, die länger als ein fünfter Zeitspannenschwellenwert ständig größer als ein vierter Winkelgeschwindigkeitsschwellenwert ist, und/oder eine Größe eines Maßes eines Winkels des Fahrzeuges, der länger als ein dritter Zeitspannenschwellenwert ständig größer als ein Winkelschwellenwert ist, und/oder eine Größe des Maßes der Querschleunigung, die länger als ein vierter Zeitspannenschwellenwert ständig größer als ein zweiter Beschleunigungsschwellenwert ist.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

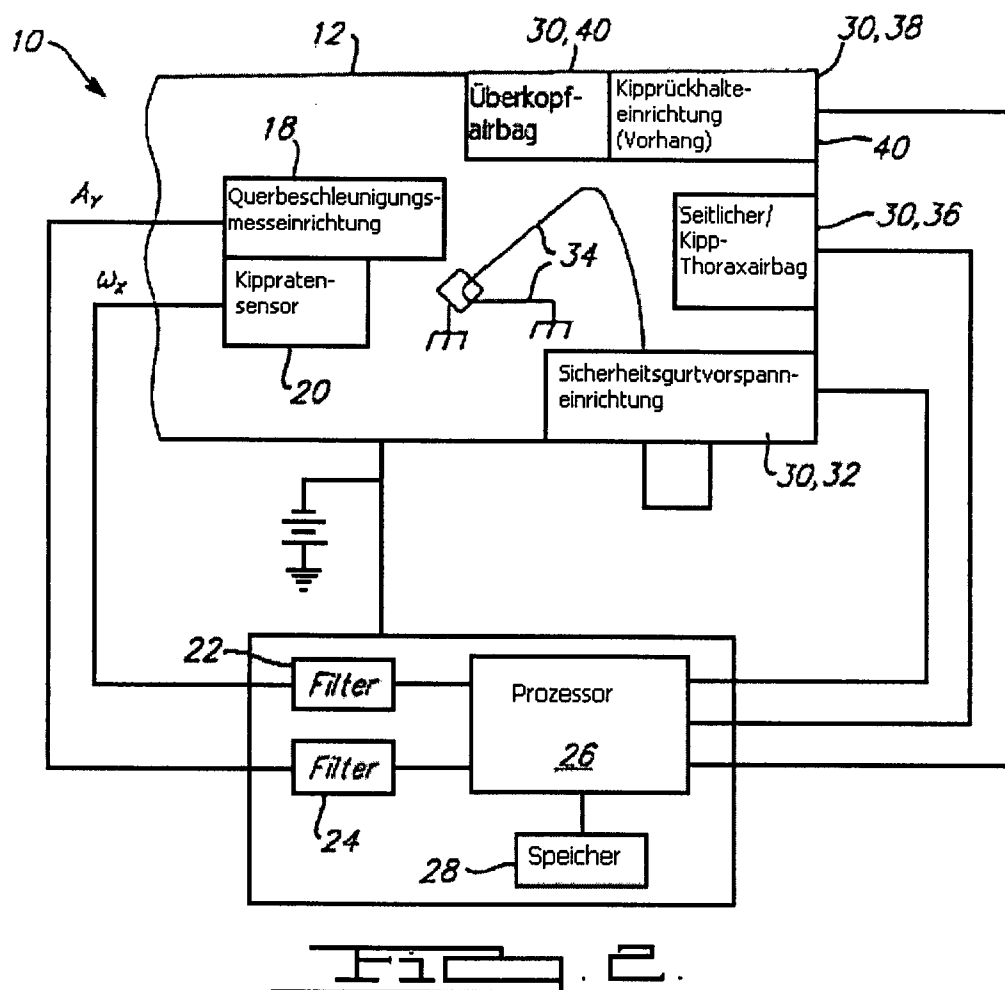
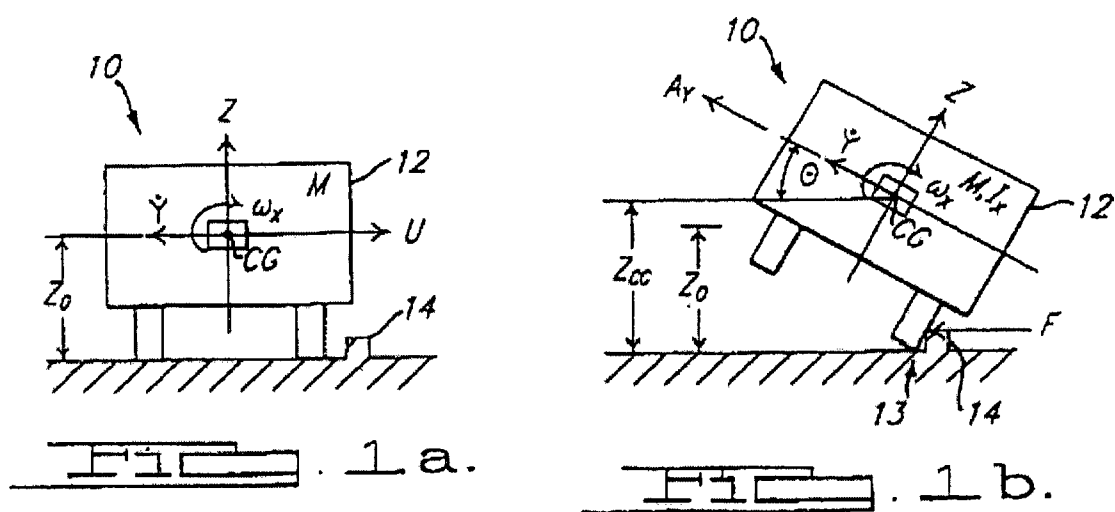


Fig. 3

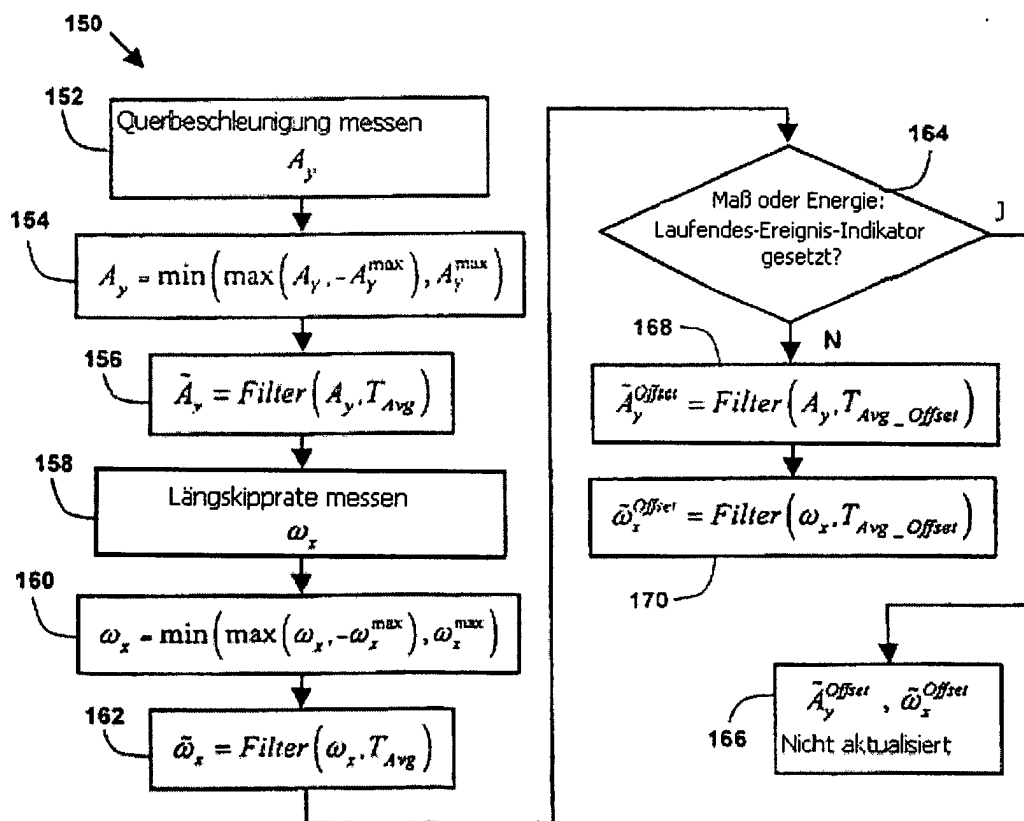
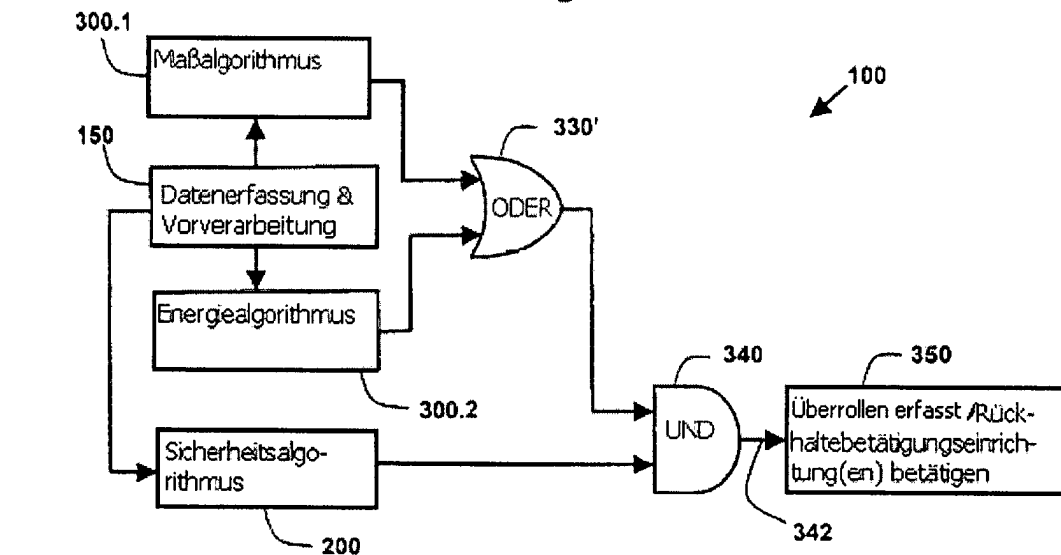


Fig. 4

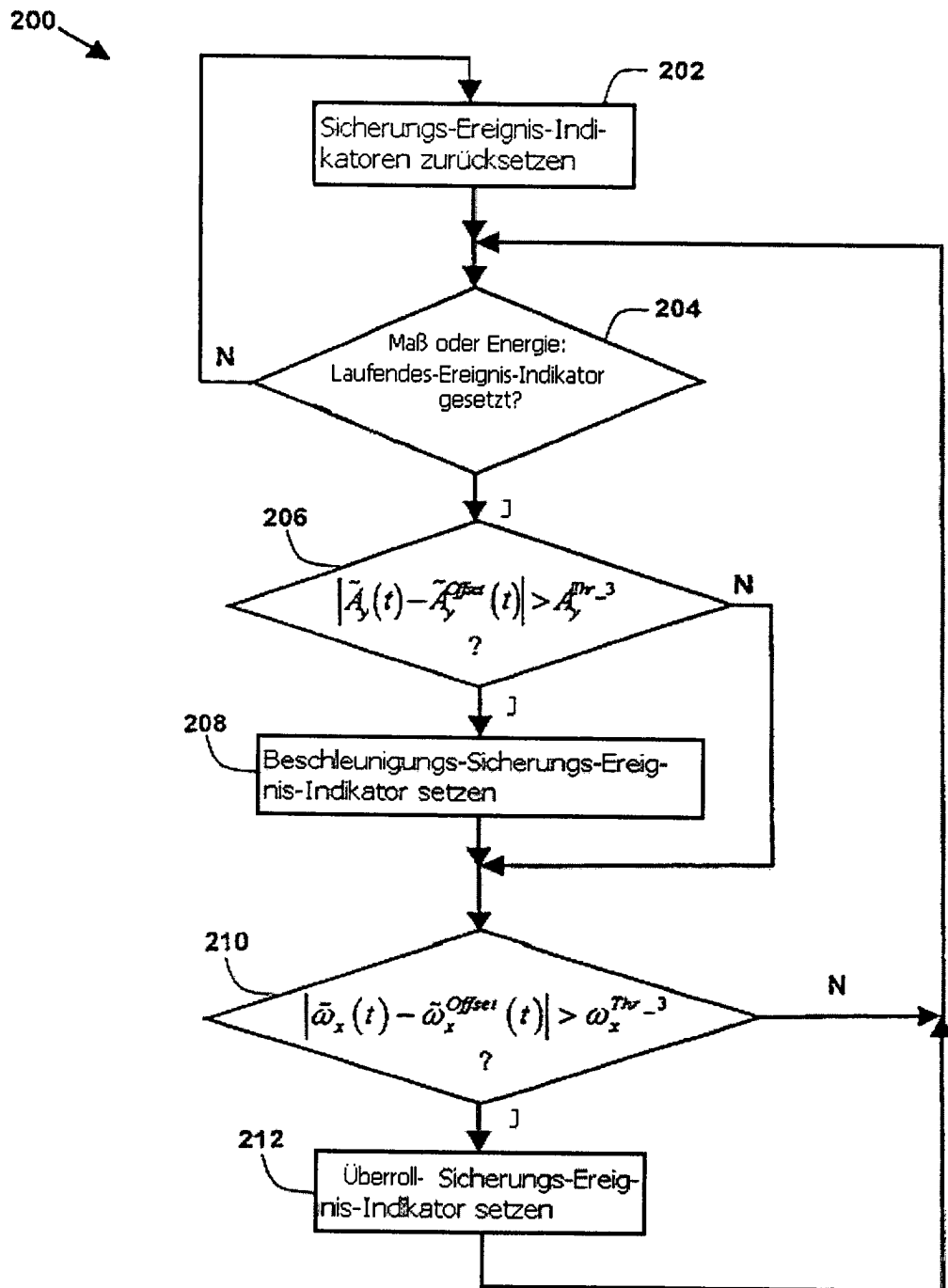


Fig. 5

Fig. 6

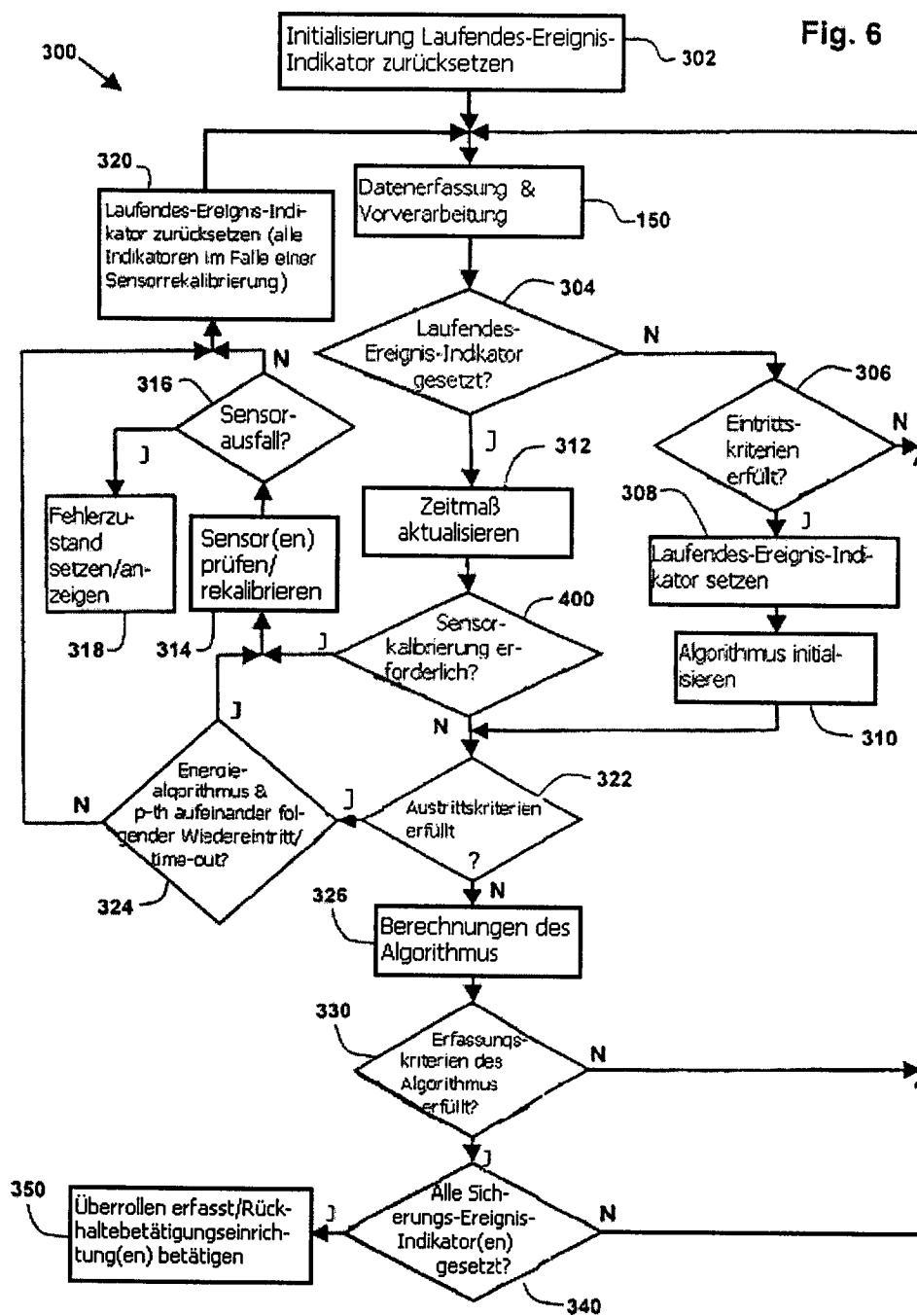


Fig. 7

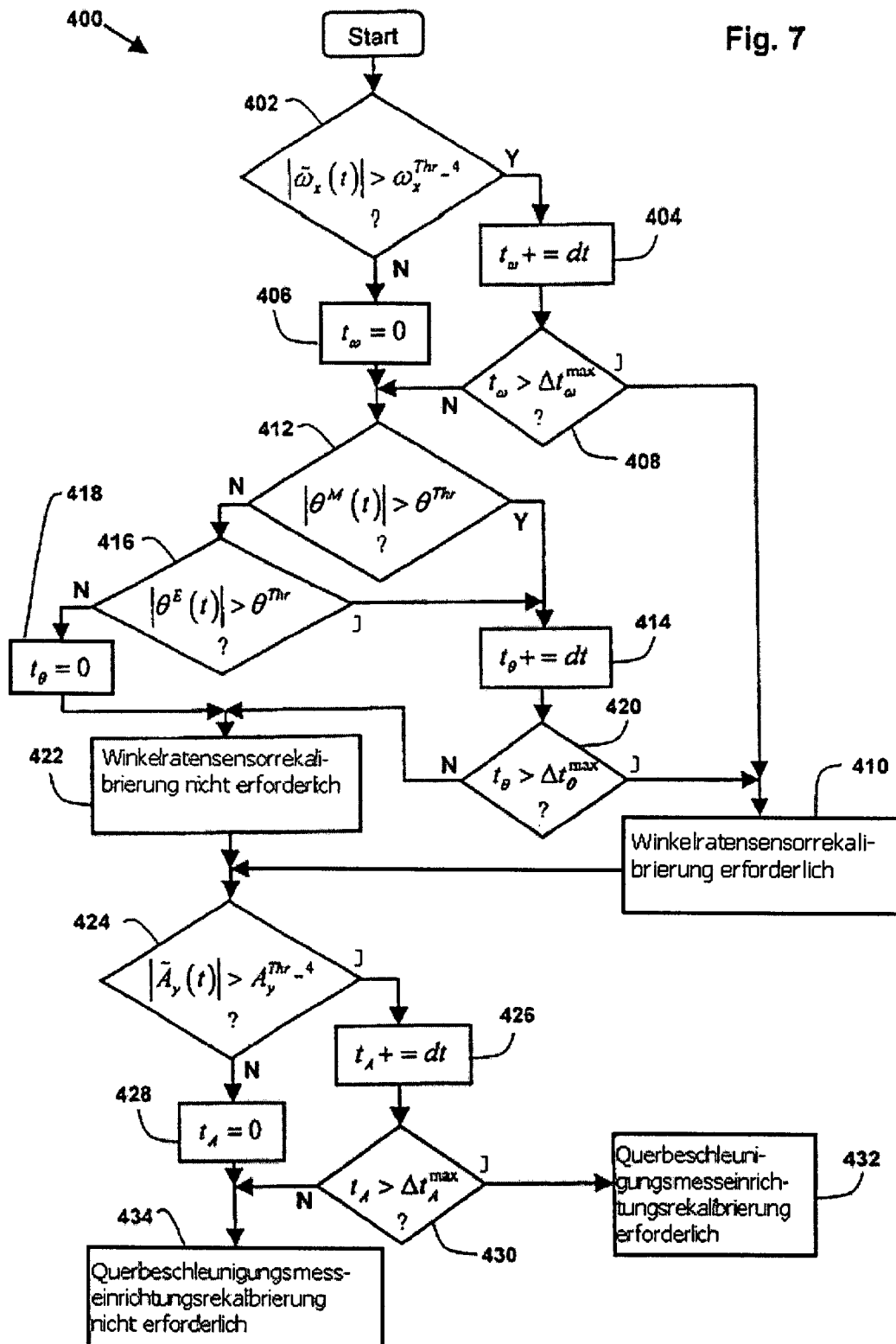


Fig. 8a

	Maßalgorithmus (xxx.1)	Energiealgorithmus (xxx.2)
	LAUFENDES_MASS_EREIGNIS_INDIKATOR	LAUFENDES_ENERGIE_EREIGNIS_INDIKATOR
Eintrittskriterien (306)	$\left \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{Offset}(t) \right > A_y^{Thr-1}$	a. $\left \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{Offset}(t) \right > A_y^{Thr-1}$ ODER b. $\left \tilde{\omega}_x(t) - \tilde{\omega}_x^{Offset}(t) \right > \omega_x^{Thr-1}$
Austrittskriterien (322)	$\Delta t^M(n^M) > \Delta t_{max}^M$	a. $\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{max}^E$ ODER b1. $\Delta t^E(n^E) > \Delta t_{min}^E$ UND b2. $\Delta t^E(n^E) - \Delta t^{E*} > \Delta t_{Event}^E$
Initialisierung des Algorithmus (310)	a. $n^M = 0$ b. $t^M(-1) = t^M(0) = t$ c. $\Delta t^M(0) = 0$ d. $\theta^M(-1) = 0$ e. $R(-1) = 0$	a. $n^E = 0$ b. $t^E(-1) = t^E(0) = t$ c. $\Delta t^E(0) = 0$ d. $\theta^E(-1) = 0$ e. $n_{\sigma}^E = 0$ f. $\Delta t^{E*} = 0$
Zeitmessung (312)	a. n^M++ b. $t^M(n^M) = t$ c. Zeit seit Eintritt in Algorithmus $\Delta t^M(n^M) = t^M(n^M) - t^M(0)$	a. n^E++ b. $t^E(n^E) = t$ c. Zeit seit Eintritt in Algorithmus $\Delta t^E(n^E) = t^E(n^E) - t^E(0)$
Sicherungskriterien (200)	a. $\left \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{Offset}(t) \right > A_y^{Thr-3}$ für ein beliebiges t entweder während eines Energieereignisses (BESCHLEUNIGUNGS_SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOR) UND während eines Energieereignisses b. $\left \tilde{\omega}_x(t) - \tilde{\omega}_x^{Offset}(t) \right > \omega_x^{Thr-3}$ für ein beliebiges t entweder während eines Maßereignisses oder eines Energieereignisses (KIPP_SICHERUNGS_EREIGNIS_INDIKATOR)	

Fig. 8b

	MASSALGORITHMUS (xxx.1)	ENERGIEALGORITHMUS (xxx.2)
Berechnungen des Algorithmus (326)	<p>a. Abtastintervall</p> $dt = t^M(n^M) - t^M(n^M - 1)$ <p>b. Abtasten der Beschleunigung und Offsetkompensation</p> $\tilde{A}_y'(n^M) = \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{Offset}(t)$ <p>c. Abtasten der Kipprate und Offsetkompensation</p> $\tilde{\omega}_z'(n^M) = \tilde{\omega}_z(t) - \tilde{\omega}_z^{Offset}(t)$ <p>d. Kippwinkel aus der Integration der Kipprate</p> $\theta^M(n^M) = \theta^M(n^M - 1) + \tilde{\omega}_z'(n^M) \cdot dt$ <p>e. Kraftmessung</p> $F^* = \tilde{A}_y'(n^M)$ <p>f. Kinetisches Rotationsenergiemaß</p> $KE^* = \tilde{\omega}_z'^2(n^M)$ <p>g. Potentialenergiemaß</p> $PE^* = sign(\tilde{\omega}_z'(n^M)) \cdot \theta_0 + \theta^M(n^M)$ <p>h. Maßfunktion</p> $R(n^M) = R(n^M - 1) \cdot (1 - \frac{\Delta t^M}{\tau}) + F^* \cdot KE^* \cdot PE^*$ <p>i. Beurteilungskriterium</p> $FOM(n^M) = R(n^M) \cdot (R(n^M) - R(n^M - 1))$	<p>a. Abtastintervall</p> $dt = t^E(n^E) - t^E(n^E - 1)$ <p>b. Abtasten der Beschleunigung und Offsetkompensation</p> $\tilde{A}_y'(n^E) = \tilde{A}_y(t) - \tilde{A}_y^{Offset}(t)$ <p>c. Abtasten der Kipprate und Offsetkompensation</p> $\tilde{\omega}_z'(n^E) = \tilde{\omega}_z(t) - \tilde{\omega}_z^{Offset}(t)$ <p>d. Kippwinkel aus der Integration der Kipprate</p> $\theta^E(n^E) = \theta^E(n^E - 1) + \tilde{\omega}_z'(n^E) \cdot dt$ <p>e. Kompensation des Kipposzillationseffekts</p> <p>if $sign(\tilde{\omega}_z'(n^E)) \neq sign(\tilde{\omega}_z'(n^E - 1))$ then</p> $\theta^E(n^E) = \theta^E(n^E - 1) \cdot MAX \left(\frac{1024 - (n^E - n_{w_0}^E)}{1024}, 0.5 \right)$ $n_{w_0}^E = n^E$ <p>f. Basis des Austrittskriteriums</p> <p>if $\tilde{A}_y'(n^E) > A_y^{Thr-1}$ OR</p> $ \tilde{\omega}_z'(n^E) > \omega_z^{Thr-1} \text{ then } \Delta t^{E'} = \Delta t^E$

Fig. 8c

	Maßalgorithmus (xxx.1)	Energiealgorithmus (xxx.2)
Detek- tionskri- terien (330) des Algorith- mus	<p>a. Beurteilungskriteriumsschwellenwert $FOM^{Thr}(\Delta t^M) = A \cdot \Delta t^M + B$</p> <p>b1. $\Delta t_{\min}^M \leq \Delta t^M \leq \Delta t_{\max}^M$ UND</p> <p>b2. $FOM(n^M) > FOM^{Thr}(\Delta t^M)$ UND</p> <p>b3. $FOM(n^M) > FOM(n^M - 1)$ UND</p> <p>b4. $FOM(n^M) > FOM(n^M - m)$ UND</p> <p>b5. $\tilde{A}_y(n^M) > A_y^{Thr-2}$ UND</p> <p>b6. $\tilde{\omega}_x(n^M) > \omega_y^{Thr-2}$</p>	<p>a. Identifizierung des Energieschwellenwertsegments $k = k \ni \theta_k \leq \theta^E < \theta_{k+1}$</p> <p>b. Distanz vom Energieschwellenwertsegment im Phasenraum</p> $D(\tilde{\omega}_x, \theta^E, n^E, k) = \frac{\left[(\omega_{k+1} - \omega_k) \cdot (\theta^E(n^E) - \theta_k) - (\theta_{k+1} - \theta_k) \cdot \left \tilde{\omega}_x(n^E) \right - \omega_k \right]}{\sqrt{(\theta_{k+1} - \theta_k)^2 + (\omega_{k+1} - \omega_k)^2}}$ <p>c. Steigung der Bahn im Phasenraum</p> $\text{Steigung}(n^E) = \frac{\tilde{\omega}_x'(n^E) - \tilde{\omega}_x'(n^E - 1)}{\theta^E(n^E) - \theta^E(n^E - 1)}$ <p>d. $\beta = \tan^{-1} \left(\text{Steigung}(n^E) \cdot \frac{180}{\pi} \right)$</p> <p>e1. $\beta^{\min} < \beta < \beta^{\max}$ UND</p> <p>e2. $\left \tilde{\omega}_x'(n^E) \right - \left \tilde{\omega}_x'(n^E - 1) \right > 0$ UND</p> <p>e3. $D(\tilde{\omega}_x, \theta^E, n^E, k) < 0$ UND</p> <p>e4. $\theta^E > \theta^{Thr}$</p> <p>ODER</p> <p>f1. $D(\tilde{\omega}_x, \theta^E, n^E, k) < D^{Thr}$ UND</p> <p>f2. $\theta^E > \theta^{Thr}$</p>

Fig. 9a

Schritt	Parameter	Wert	Algorithmus
Datenerfassung und Verarbeitung (150)	dt	0.4 msec	Datenerfassung
	A_y^{max}	$\text{Min}(20 \text{ g}, \text{Bereich der Beschleunigungsmesseinrichtung})$	Abschneiden
	ω_x^{max}	$\text{Min}(300 \text{ Grad/sec}, \text{Bereich des Winkelgeschwindigkeitssensors})$	
	T_{Avg_Offset}	4 sec	Filterung
	T_{Avg}	12.8 msec	
Eintrittskriterien (306)	$A_y^{Thr_1}$	1.4 g	Maß und Energie
	ω^{Thr_1}	19 Grad/sec	Energie
Austrittskriterien (322)	Δt_{max}^M	165 msec	Maß
	Δt_{min}^E	4 sec	Energie
	Δt_{max}^E	12 sec	
	$\Delta t_{E_end}^E$	2 sec	
Berechnungen des Algorithmus (326)	θ_0	0.1 Grad	Maß
	r	400 sec	
Detektionskriterien des Algorithmus (330)	A	$.46E11 \text{ (g}^2\text{deg}^6\text{/ms/s}^4) \mid 40 \text{ ms} < t < 96 \text{ ms}$ $.59E11 \text{ (g}^2\text{deg}^6\text{/ms/s}^4) \mid 96 \text{ ms} < t < 165 \text{ ms}$	Maß
	B	$2.34E13 \text{ (g}^2\text{deg}^6\text{/s}^4) \mid 40 \text{ ms} < t < 96 \text{ ms}$ $1.36E13 \text{ (g}^2\text{deg}^6\text{/s}^4) \mid 96 \text{ ms} < t < 165 \text{ ms}$	
	Δt_{min}^M	40 msec	
	Δt_{max}^M	165 msec	
	m	6	
	$A_y^{Thr_2}$	0.7 g	
	ω^{Thr_2}	50 Grad/sec	
	θ_k	experimentell bestimmt	
	ω_k	experimentell bestimmt	
	β^{max}	75 Grad	Energie
	β^{max}	90 Grad	
	D^{Thr}	$-2.5 \sqrt{\text{deg}^2 + (\text{deg/sec})^2}$	
	θ^{Thr}	10 Grad	

Fig. 9b

Schritt	Parameter	Wert	Algorithmus
Sensorrekali- brierungs- kriterien (400)	ω_x^{Thr-4}	0.8 * max Bereich der Kippgyroskopmessung (e.g. $\omega_x^{Thr-4} = 250 \text{ deg/sec}$)	Maß und Energie
	Δt_{ω}^{max}	0.5 sec	
	θ^{Thr}	180 Grad	
	Δt_{θ}^{max}	0.5 sec	
	A_y^{Thr-4}	0.8 * max Bereich der Beschleunigungsmesseinrichtungsmessung (e.g. $A_y^{Thr-4} = 15 \text{ g}$)	
	Δt_A^{max}	3 sec	
Sensorkali- brierungs- kriterien (324)	p	3	Energie
Sicherungskriterien (200)	A_y^{Thr-3}	1.9 g	Maß und Energie
	ω^{Thr-3}	50 Grad/sec	

Fig. 10

Test	A	B	C	D
Typ	Korkenzieher		Verzögerungsschlittern	
Anfangsgeschwindigkeit in MPH	33	28	14	17
durchschnittliche Verzögerung g			1.5	2.5
Ergebnis	Überrollen	kein-Überrollen	kein-Überrollen	Überrollen
Energiealgorithmus-TTF (msec)	537	-	-	594
Maßalgorithmus-TTF (msec)	855	-	-	98
Sicherungsalgorithmus-TTF (msec)	846	-	43	26
Kopfraumeinengung (msec)	905	800	216	196
maximaler Neigungswinkel (Grad)	-	37	34	-

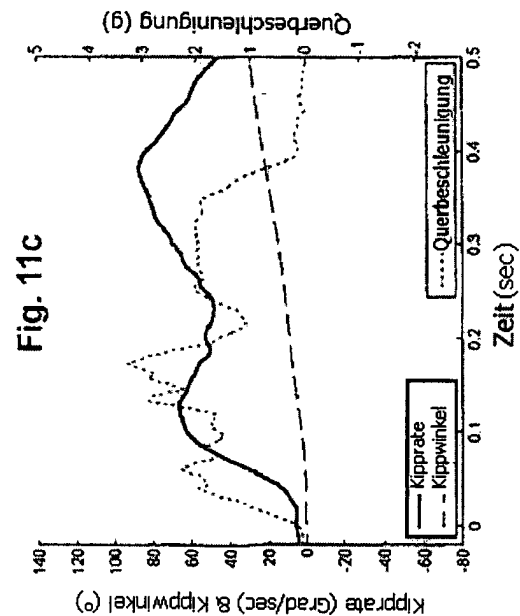
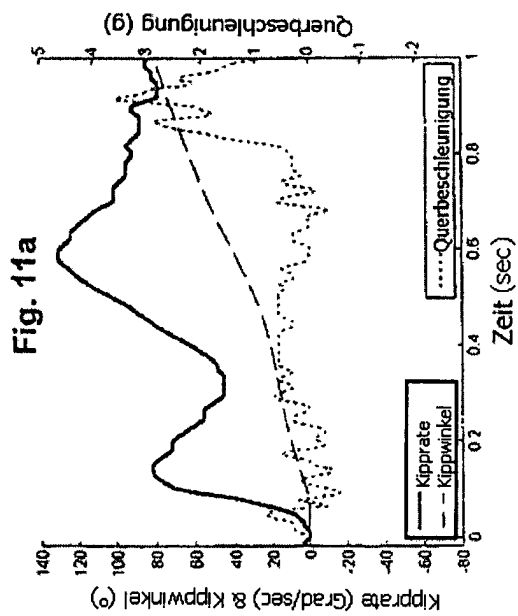
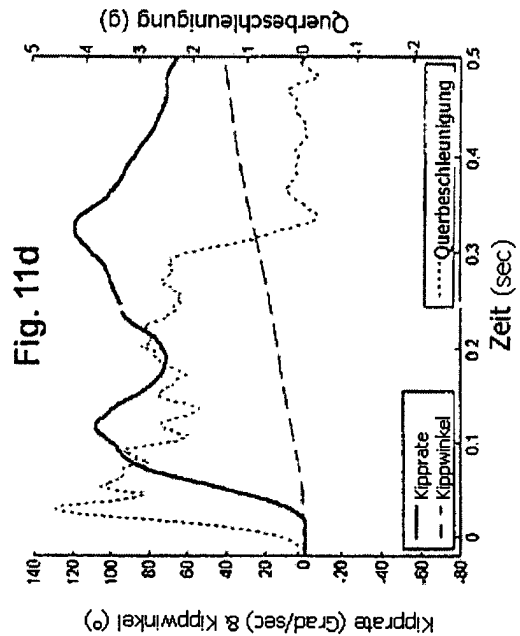
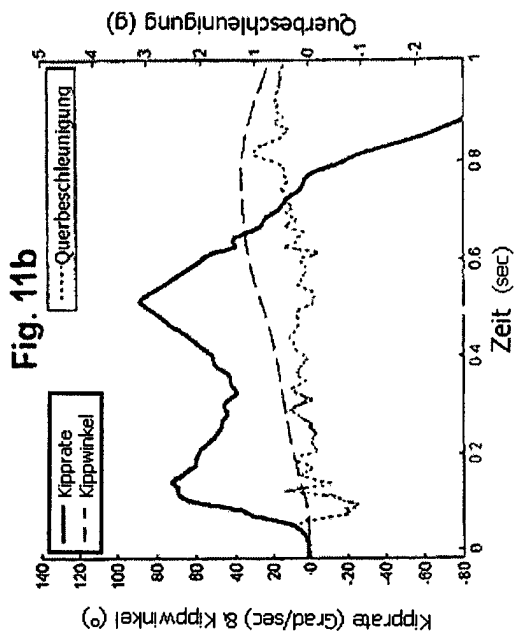


Fig. 12

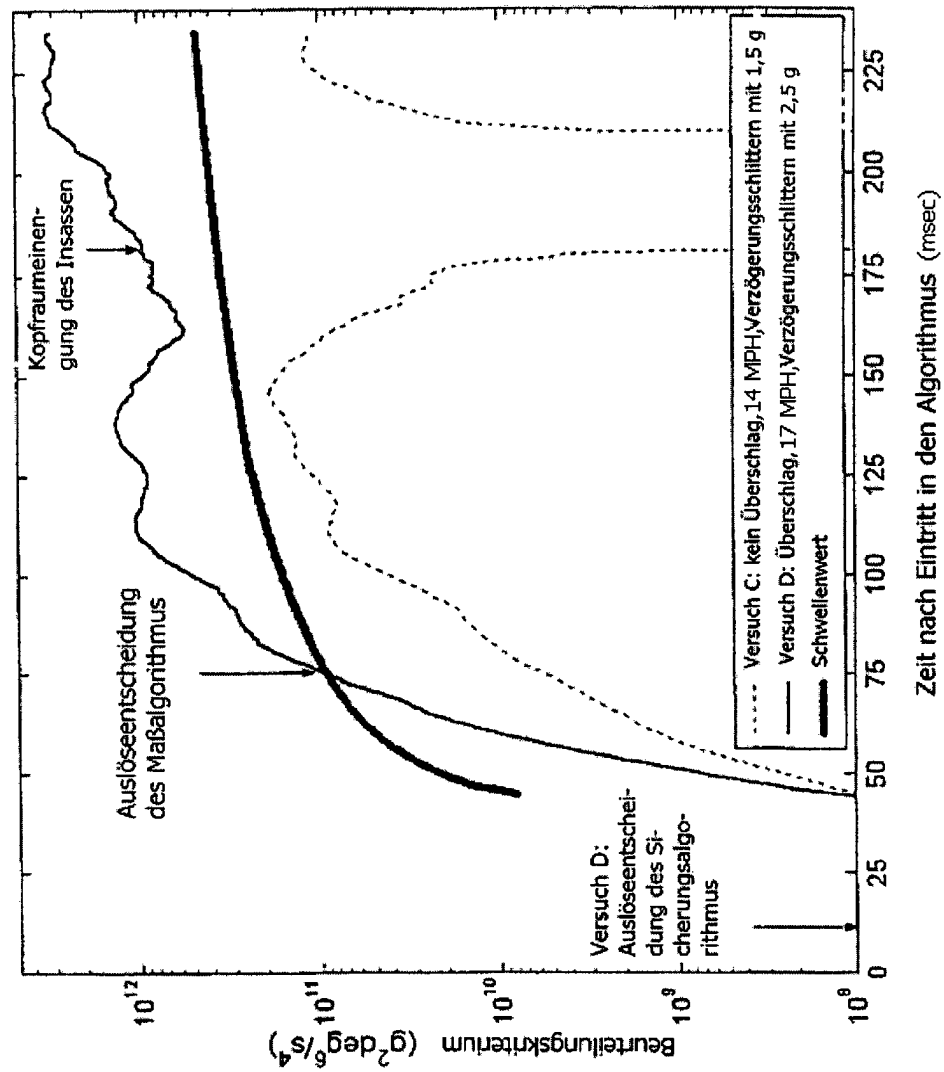


Fig. 13

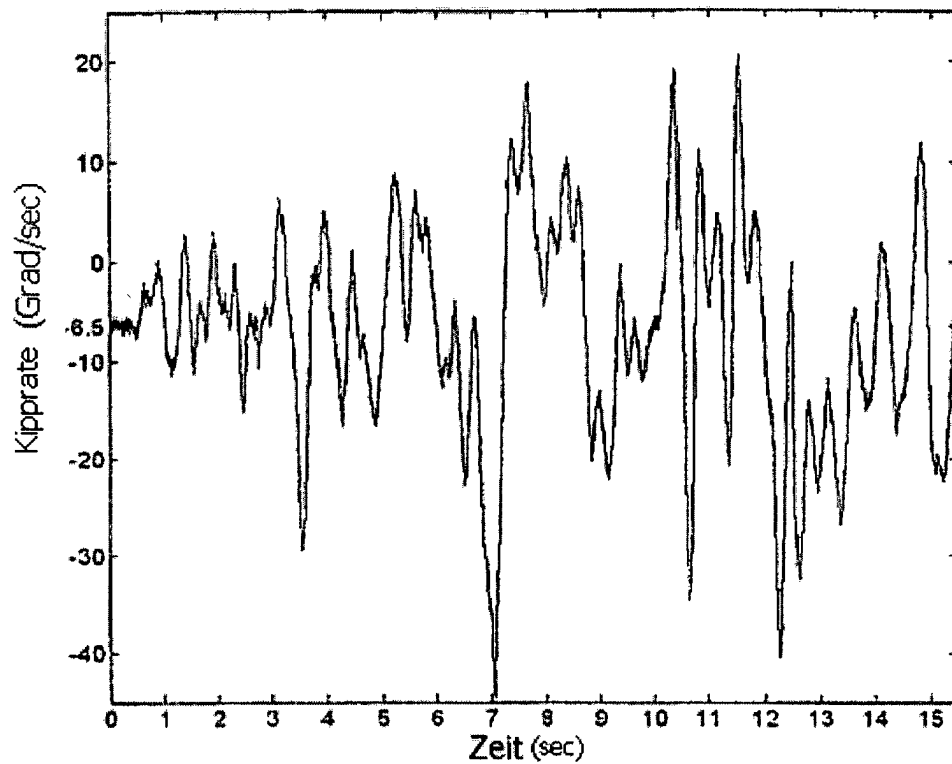


Fig. 14

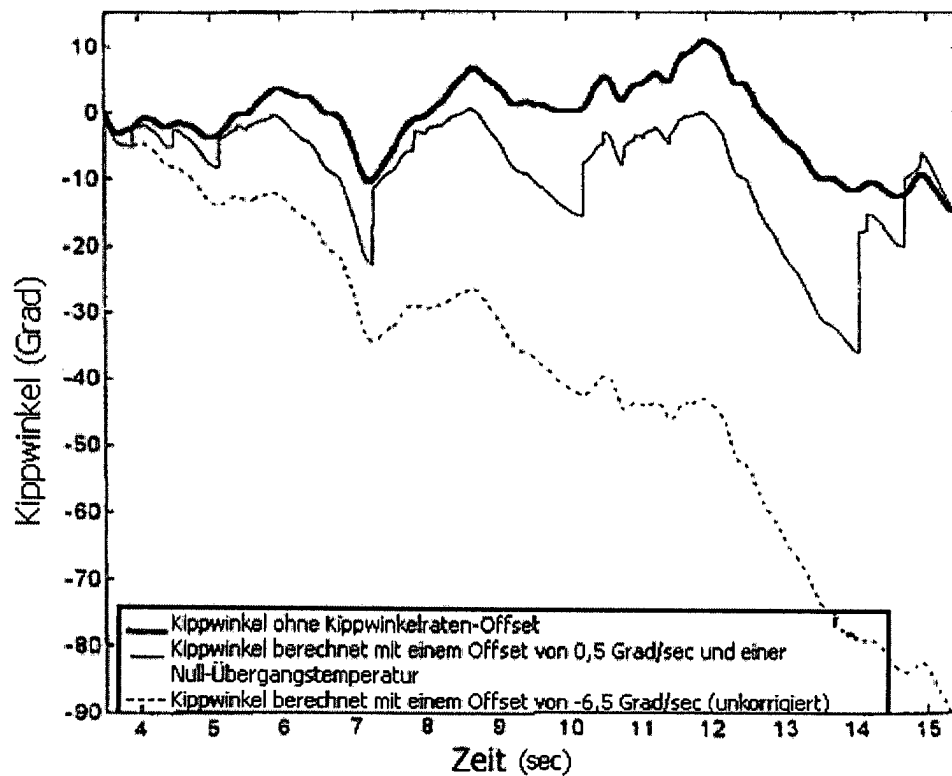


Fig. 15

