



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 123 728.9**

(22) Anmeldetag: **14.09.2021**

(43) Offenlegungstag: **16.03.2023**

(51) Int Cl.: **B60R 16/02 (2006.01)**

B60N 2/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Brose Fahrzeugteile SE & Co.
Kommanditgesellschaft, Bamberg, 96052
Bamberg, DE**

(74) Vertreter:

**Gottschald Patentanwälte Partnerschaft mbB,
40468 Düsseldorf, DE**

(72) Erfinder:

Gempel, Matthias, 96047 Bamberg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

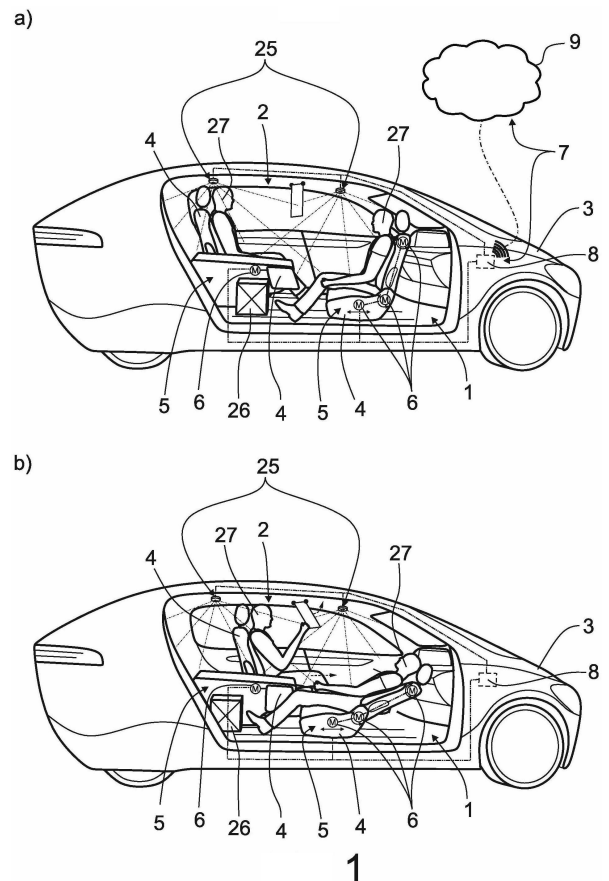
DE	10 2006 029 206	B4
DE	101 07 195	A1
DE	10 2017 215 908	A1
DE	10 2018 204 053	A1
DE	10 2019 209 740	A1
EP	3 693 137	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb eines Verstellsystems für einen Innenraum eines Kraftfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Verstellsystems (1) für einen Innenraum (2) eines Kraftfahrzeugs (3), wobei mittels einer Steueranordnung (7) in einer Pfadplanungsroutine ein kollisionsfreier Verstellpfad (10) von einer Ausgangskonfiguration (M_A) in eine Endkonfiguration (M_E) über Zwischenkonfigurationen (M_z) ermittelt wird, wobei für die Zwischenkonfigurationen (M_z) eine Kollisionsprüfung (13) vorgenommen wird, in welcher basierend auf einem Kinematikmodell und einem Geometriemodell die jeweilige Zwischenkonfiguration (M_z) auf Vorliegen einer Kollision überprüft wird, wobei der kollisionsfreie Verstellpfad (10) basierend auf den Zwischenkonfigurationen (M_z) und abhängig von den Ergebnissen der Kollisionsprüfung erstellt wird. Es wird vorgeschlagen, dass mittels der Steueranordnung (7) anhand eines vorgegebenen, auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells (14) für die Zwischenkonfigurationen (M_z) eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt wird und dass die Zwischenkonfigurationen (M_z) abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung (13) unterzogen oder verworfen werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Verstellsystems für einen Innenraum eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1, eine Steueranordnung für den Betrieb eines Verstellsystems gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 12, ein Kraftfahrzeug zur Durchführung eines solchen Verfahrens nach Anspruch 13 sowie ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 14 und ein computerlesbares Medium nach Anspruch 15.

[0002] Zur Komfortsteigerung werden Kraftfahrzeuge mit Verstellsystemen ausgestattet, die eine motorische Verstellung von Innenraumelementen erlauben. Unter Innenraumelementen werden unter anderem Sitze, Sitzbänke, Konsolen, Bedienelemente, Blenden, Bildschirme, Ablagen, Beleuchtungselemente, Innenspiegel, Verkleidungsteile oder dergleichen verstanden, die dem Innenraum des Kraftfahrzeugs zuzuordnen sind.

[0003] Der Bediener des Kraftfahrzeugs kann eine motorische Verstellung unter anderem manuell auslösen und insbesondere auf voreingestellte Konfigurationen der Innenraumelemente zurückgreifen, in welche eine automatische Verstellung erfolgen soll. Beispiele für solche Konfigurationen sind verschiedene Sitzpositionen wie aufrechte Sitzlehnen, Liegepositionen mit abgesenkten Sitzlehnen oder eine Konferenzkonfiguration mit einander zugewandten Sitzflächen bei mehreren Sitzen.

[0004] Mit der motorischen Verstellung der Innenraumelemente besteht jedoch auch die Gefahr einer Kollision. Ein bekanntes Verfahren (DE 10 2019 209 740 A1) greift auf eine Innenraum-sensoranordnung zurück, um in der Verstellung einen Mindestabstand zwischen Innenraumelement und weiteren Objekt nicht zu unterschreiten.

[0005] Verstellsysteme von heutigen Kraftfahrzeugen, insbesondere auch von teilautonomen oder autonomen Kraftfahrzeugen, können jedoch eine hohe Anzahl von verstellbaren Innenraumelementen aufweisen, die mit einer komplexen Verstellkinematik in vielfältige Konfigurationen verstellbar sind. Neben einer Kollisionsgefahr mit Gegenständen und Personen im Innenraum können sich auch die Verstellwege verschiedener motorisch verstellbarer Innenraumelemente überschneiden. Durch eine Pfadplanung für die Verstellung kann der Bedienkomfort der Verstellsysteme weiter erhöht werden, wobei dem Bediener die Möglichkeit gegeben wird, auf einfache und sichere Weise auf verschiedene Konfigurationen zurückzugreifen.

[0006] Ausgegangen wird vorliegend davon, dass in der Pfadplanung Zwischenkonfigurationen der Aus-

gangskonfiguration und der Endkonfiguration betrachtet werden und die Zwischenkonfigurationen einer Kollisionsprüfung unterzogen werden. In der Kollisionsprüfung wird basierend auf einem Kinematikmodell der Verstellkinematik und einem Geometriemodell der Innenraumelemente ermittelt, ob die jeweilige Zwischenkonfiguration für die Erstellung eines kollisionsfreien Verstellpfads herangezogen werden kann oder kollisionsbehaftet ist.

[0007] Eine Herausforderung ist hierbei jedoch die Begrenzung des mit der Kollisionsprüfung verbundenen Rechenaufwands, da die Pfadplanung für ein komplexes Verstellsystem die Kollisionsprüfung einer hohen Anzahl von Zwischenkonfigurationen erfordern kann.

[0008] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Verstellsystems derart auszugestalten und weiterzubilden, dass die Durchführung der Verstellung weiter optimiert wird.

[0009] Das obige Problem wird bei einem Verfahren zum Betrieb eines Verstellsystems eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils von Anspruch 1 gelöst.

[0010] Wesentlich ist die grundsätzliche Überlegung, dass vor der eigentlichen Kollisionsprüfung in einer Prognose abgeschätzt werden kann, ob die jeweilige Zwischenkonfiguration voraussichtlich kollisionsfrei oder kollisionsbehaftet ist. Die Abschätzung wird anhand eines auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells vorgenommen und dient einer Vorauswahl der der Kollisionsprüfung zuzuführenden Zwischenkonfigurationen.

[0011] Im Einzelnen wird vorgeschlagen, dass mittels der Steueranordnung anhand eines vorgegebenen, auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells für die Zwischenkonfigurationen eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt wird und dass die Zwischenkonfigurationen abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung unterzogen oder verworfen werden.

[0012] Die Kollisionsprüfung wird hier gezielt für Zwischenkonfigurationen mit einer positiven Prognose vorgenommen. Zwischenkonfigurationen mit einer negativen Prognose können dagegen verworfen werden, um Rechenaufwand einzusparen. Durch die Reduzierung des Rechenaufwands wird insbesondere ermöglicht, eine im Konfigurationsraum hoch aufgelöste Pfadplanung ohne wesentliche Zeitverzögerungen bei der Verstellung durchzuführen.

[0013] Vorteilhaft ist der Einsatz des Kollisionsschätzmodells in den Ausgestaltungen gemäß den Ansprüchen 2 und 3, wonach die Zwischenkonfigurationen basierend auf einer probabilistischen Pfadplanungsmethode erzeugt werden. Die probabilistisch erzeugten Zwischenkonfigurationen können hierbei auf effektive Weise über das Kollisionsschätzmodell vorselektiert werden.

[0014] Besonders bevorzugt ist zudem die Verwendung eines trainierten neuronalen Netzwerks für das Kollisionsschätzmodell in der Ausgestaltung gemäß Anspruch 4, wodurch die Prognose über die mögliche Kollision zuverlässig umgesetzt werden kann.

[0015] Unter anderem kann gemäß Anspruch 5 das Kollisionsschätzmodells eine Kollisionswahrscheinlichkeit und/oder ein Abstandsmaß ausgeben, welche in der Prognose berücksichtigt werden. Insbesondere werden gemäß Anspruch 6 Schwellwerte hierfür eingesetzt, um die Zwischenkonfigurationen zu selektieren.

[0016] Ebenfalls kann gemäß Anspruch 7 das Kollisionsschätzmodell einer Auswahl einer Zwischenkonfiguration, etwa einer im Hinblick auf eine Kollisionsfreiheit besonders vielversprechenden Zwischenkonfiguration dienen. Hiermit kann das Kollisionsschätzmodell die Pfadplanung wesentlich erleichtern.

[0017] In den bevorzugten Ausgestaltungen gemäß den Ansprüchen 8 und 9 ist ein Trainingsschritt vorgesehen, mit welchem das Kollisionsschätzmodell anhand eines Trainingsdatensatzes trainiert wird. Der Trainingsdatensatz kann auf einfache Weise anhand einer Durchführung der Kollisionsprüfung für viele Zwischenkonfigurationen erzeugt werden.

[0018] Denkbar ist zudem, dass das Verfahren für verschiedene Verstellsysteme mit unterschiedlichen Innenraumelementen eingesetzt wird. Gemäß Anspruch 10 wird aus mehreren, auf verschiedene Anordnungen von Innenraumelementen trainierten Maschinenlernmodellen ausgewählt, sodass auf ein für das jeweilige Verstellsystem optimiertes Kollisionsschätzmodell zurückgegriffen werden kann.

[0019] In der eigentlichen Kollisionsprüfung können zusätzlich noch Gegenstände und/oder Personen im Innenraum einbezogen werden, was Gegenstand von Anspruch 11 ist.

[0020] Nach der weiteren Lehre gemäß Anspruch 12, der eigenständige Bedeutung zukommt, wird eine Steueranordnung für den Betrieb eines Verstellsystems für einen Innenraum eines Kraftfahrzeugs als solche beansprucht. Die Steueranordnung nimmt die angesprochene Pfadplanungsroutine vor und setzt die Ansteuerung in der Verstellroutine

gemäß dem ermittelten, kollisionsfreien Verstellpfad um. Auf alle Ausführungen zum vorschlagsgemäßen Verfahren wird verwiesen.

[0021] Nach der weiteren Lehre gemäß Anspruch 13, der ebenfalls eigenständige Bedeutung zukommt, wird ein Kraftfahrzeug zur Durchführung des vorschlagsgemäßen Verfahrens als solches beansprucht. Auch hierzu wird auf alle Ausführungen zum vorschlagsgemäßen Verfahren verwiesen.

[0022] Nach der weiteren Lehre gemäß Anspruch 14, der ebenfalls eigenständige Bedeutung zukommt, wird ein Computerprogrammprodukt für die vorschlagsgemäße Steueranordnung als solches beansprucht. Auch hierzu wird auf alle Ausführungen zu den weiteren Lehren verwiesen.

[0023] Nach der weiteren Lehre gemäß Anspruch 15 wird ein computerlesbares Medium, auf dem das vorschlagsgemäße Computerprogramm gespeichert ist, als solches beansprucht.

[0024] Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines vorschlagsgemäßen Kraftfahrzeugs zur Durchführung des vorschlagsgemäßen Verfahrens in a) einer ersten Konfiguration und b) einer zweiten Konfiguration des Verstellsystems,

Fig. 2 a) eine schematische Darstellung eines motorisch verstellbaren Innenraumelements, b) ein Diagramm mit Freiheitsgraden und Konfigurationen,

Fig. 3 ein schematisches Ablaufdiagramm der Pfadplanungsroutine des vorschlagsgemäßen Verfahrens, und

Fig. 4 ein schematisches Diagramm des Trainingsschritts sowie der Erzeugung des Trainingsdatensatzes.

[0025] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Verstellsystems 1 für einen Innenraum 2 eines Kraftfahrzeugs 3. Unter dem Innenraum 2 ist vorliegend der innere Abschnitt des Kraftfahrzeugs 3 zu verstehen, der den Fahrgastraum aufweist.

[0026] Dem Innenraum 2 sind hier verschiedene Innenraumelemente des Kraftfahrzeugs 3 zugeordnet, die grundsätzlich statisch oder verstellbar ausgestaltet sein können. Statische Innenraumelemente sind relativ zum restlichen Kraftfahrzeug 3 unbeweglich angeordnet. Verstellbare Innenraumelemente sind dagegen dafür eingerichtet, in mindestens zwei verschiedene Stellungen relativ zum restlichen Kraftfahrzeug 3 gebracht zu werden. Das Verstellen der

verstellbaren Innenraumelemente kann grundsätzlich motorisch und/oder manuell erfolgen.

[0027] Das Verstellsystem 1 weist hier motorisch verstellbare Innenraumelemente 4 auf, welche mittels jeweiliger Antriebsanordnungen 5 mit Aktoren 6 über eine Verstellkinematik zwischen verschiedenen Konfigurationen verstellbar sind. Als motorisch verstellbare Innenraumelemente 4 sind in **Fig. 1** beispielhaft Sitze sowie ein motorisch verstellbarer Tisch gezeigt. Zu weiteren möglichen zusätzlichen oder alternativen Ausgestaltungen der Innenraumelemente wird auf die einleitenden Ausführungen verwiesen.

[0028] Bei den Aktoren 6 handelt es sich allgemein um elektrisch ansteuerbare Aktoren, beispielsweise rotatorische Elektromotoren und/oder elektrische Linearmotoren, magnetische, pneumatische und/oder hydraulische Aktoren oder dergleichen, welche über eine Antriebsbewegung eine motorische Verstellung des motorisch verstellbaren Innenraumelements 4 bewirken. Die jeweiligen Antriebsanordnungen 5 können je nach Ausgestaltung des motorisch verstellbaren Innenraumelements 4 einen Aktor 6 oder mehrere Aktoren 6 aufweisen. Mehrere Aktoren 6 sind insbesondere dafür vorgesehen, eine Verstellung in verschiedenen Freiheitsgraden des motorisch verstellbaren Innenraumelements 4 umzusetzen, beispielsweise eine Längsverstellung, eine Höhenverstellung und eine Schwenkverstellung. Es können auch mehrere Aktoren 6 für einen Freiheitsgrad vorgesehen sein.

[0029] Unter der Verstellkinematik sind die Komponenten des Verstellsystems 1 und insbesondere der verstellbaren Innenraumelemente zu verstehen, die eine Bewegung der verstellbaren Innenraumelemente ermöglichen, beispielsweise Gelenke, Scharniere, Führungsschienen oder dergleichen. In einer hier besonders relevanten Ausgestaltung erlaubt die Verstellkinematik prinzipiell eine gegenseitige Überschneidung der motorisch verstellbaren Innenraumelemente 4 bei der Verstellbewegung, sodass der Abstimmung der Verstellroutine besondere Bedeutung zukommt. Grundsätzlich ist es möglich, dass bei einer Verstellung der motorisch verstellbaren Innenraumelemente 4 die motorisch verstellbaren Innenraumelemente 4 miteinander kollidieren oder auch motorisch verstellbare Innenraumelemente 4 mit weiteren, etwa statischen, Innenraumelementen kollidieren.

[0030] Über die Verstellkinematik sind die verstellbaren Innenraumelemente in verschiedene Konfigurationen M_i bringbar. **Fig. 2** zeigt beispielhaft drei Freiheitsgrade X_1, X_2, X_3 eines motorisch verstellbaren Innenraumelements 4 für die Konfigurationen M_1, M_2, M_3 . Hier repräsentiert X_1 beispielsweise die Stellung der Längsverstellung eines Sitzes, X_2 die Stellung

der Höhenverstellung des Sitzes und X_3 die Stellung, hier der Schwenkwinkel, der Rückenlehne relativ zum restlichen Sitz. Alternative oder zusätzliche Freiheitsgrade sind denkbar.

[0031] Die Konfiguration M_i gibt hier die Gesamtheit der Stellungen der Freiheitsgrade $X_1 \dots X_n$ der motorisch verstellbaren Innenraumelemente 4 an. Die Freiheitsgrade $X_1 \dots X_n$ können hierbei kontinuierlich variierbar sein und/oder zumindest teilweise nur lediglich diskrete Werte annehmen. Im letzteren Fall sind beispielsweise nur bestimmte, diskrete Stellungen des motorisch verstellbaren Innenraumelements 4 zu erreichen, beispielsweise aufgrund einer mechanischen Rasterung oder dergleichen. Vorzugsweise sind die Antriebsanordnungen 5 zumindest für einen Teil der Freiheitsgrade selbsthemmend, sodass die Konfiguration M_i auch ohne eine Ansteuerung der Antriebsanordnung 5 beibehalten wird. **Fig. 2b)** zeigt verschiedene Konfigurationen $M_1, M_2 \dots M_n$, wobei die Stellungen der Freiheitsgrade $X_1, X_2 \dots X_n$ schematisch von einem Minimalwert bis zu einem Maximalwert variieren können. Die Stellungen der Freiheitsgrade $X_1, X_2 \dots X_n$ können anhand von Kennwerten charakterisiert werden, beispielsweise dem Verstellweg, dem Verstellwinkel, der Stellung eines inkrementellen Wegsensors oder dergleichen.

[0032] Eine Steueranordnung 7 ist zur Ansteuerung der Antriebsanordnungen 5 vorgesehen. Die Steueranordnung 7 verfügt hier und vorzugsweise über eine Steuerelektronik zur Umsetzung der steuerungstechnischen Aufgaben bei der motorischen Verstellung. Hier und vorzugsweise weist die Steueranordnung 7 eine Innenraumsteuerung 8 auf, die über ein Kommunikationsnetzwerk mit einem Datenserver 9 kommuniziert. Die Innenraumsteuerung 8 kann wiederum über mehrere, dezentrale Komponenten verfügen, beispielsweise über den Antriebsanordnungen 5 zugeordnete Antriebssteuerungen, und/oder in einer zentralen Kraftfahrzeugsteuerung integriert sein. Ebenfalls kann die Steueranordnung 7 gemäß einer hier nicht dargestellten Ausgestaltung insgesamt im Kraftfahrzeug 3 integriert sein.

[0033] Mittels der Steueranordnung 7 wird in einer Pfadplanungsroutine ein kollisionsfreier Verstellpfad 10 von einer Ausgangskonfiguration M_A in eine Endkonfiguration M_E über Zwischenkonfigurationen M_Z ermittelt, was in **Fig. 3** schematisch gezeigt ist.

[0034] Die Ausgangskonfiguration M_A repräsentiert die mit dem Beginn der Verstellroutine vorliegende Konfiguration. Die Endkonfiguration M_E ist die Konfiguration, die mit der Verstellroutine erreicht werden soll. Verschiedene Ausgangskonfigurationen M_A und Endkonfigurationen M_E sind denkbar, beispielsweise eine Verstellung von einer aufrechten Position der Sitze in eine Liegeposition, eine Verstellung von

einer Ausrichtung der Sitze in Fahrtrichtung in eine Konfiguration der Sitze mit zueinander gerichteten Sitzen, eingeklappte bzw. ausgeklappte Tische oder dergleichen.

[0035] Zwischen der Ausgangskonfiguration M_A in eine Endkonfiguration M_E sind verschiedene Verstellpfade über verschiedene Zwischenkonfigurationen M_z denkbar, wobei in **Fig. 3** der beispielhaft der Konfigurationsraum 11 mit verschiedenen Verbindungspfaden der Zwischenkonfigurationen M_z gezeigt ist.

[0036] Ein Teil der Zwischenkonfigurationen M_z und der Verbindungspfade sind jedoch kollisionsbehaftet, wobei das Anfahren der jeweiligen Konfiguration zu einer Berührung oder zum Unterschreiten eines vorgegebenen Mindestabstands zwischen den Innenraumelementen, hier sowohl zwischen den motorisch verstellbaren Innenraumelementen 5 als auch zwischen den motorisch verstellbaren Innenraumelementen 5 und statischen Innenraumelementen, führt. In **Fig. 3** sind im Konfigurationsraum 11 schematisch Kollisionsbereiche 12 gekennzeichnet, wobei Konfigurationen innerhalb der Kollisionsbereiche 12 kollisionsbehaftet sind und somit nicht für eine Verstellung herangezogen werden können.

[0037] Die Kollisionsbereiche 12 sind jedoch in vielen Fällen nicht mit ausreichender Genauigkeit abschließend im Konfigurationsraum 11 vorab zu ermitteln. Vorliegend werden Zwischenkonfigurationen M_z gemäß einer Pfadplanungsmethode vorgeschlagen. Für die Zwischenkonfigurationen M_z wird eine Kollisionsprüfung 13 vorgenommen, in welcher basierend auf einem Kinematikmodell der Verstellkinematik und einem Geometriemodell der Innenraumelemente 5 die jeweilige Zwischenkonfiguration M_z auf Vorliegen einer Kollision überprüft wird. Das Kinematikmodell bildet das Verhalten der motorisch verstellbaren Innenraumelemente 4 bei der Verstellung ab. Das Geometriemodell repräsentiert die räumliche Ausdehnung der Innenraumelemente.

[0038] Beispielsweise wird zumindest ein Teil der Pfadplanungsroutine, insbesondere die Festlegung neuer Zwischenkonfigurationen M_z im Konfigurationsraum 10 vorgenommen, während die Kollisionsprüfung 13 zumindest teilweise in einem Arbeitsraum im Innenraum 2 vorgenommen wird. In der Kollisionsprüfung 13 können insbesondere die räumliche Ausdehnung der Innenraumelemente bei der gegebenen Zwischenkonfiguration M_z im Arbeitsraum modelliert und beispielsweise Abstandswerte zwischen Oberflächen berechnet werden.

[0039] Als Ergebnis der Kollisionsprüfung 13 wird vorzugsweise die jeweilige Zwischenkonfiguration M_z als kollisionsfrei oder kollisionsbehaftet eingestuft. Der kollisionsfreie Verstellpfad 11 wird basie-

rend auf den Zwischenkonfigurationen und abhängig von den Ergebnissen der Kollisionsprüfung 13 erstellt. Der kollisionsfreie Verstellpfad stellt somit hier einen Verbindungspfad zwischen Ausgangskonfiguration M_A und Endkonfiguration M_E dar, welcher lediglich über in der Kollisionsprüfung 13 als kollisionsfrei eingestufte Zwischenkonfigurationen M_z verläuft.

[0040] Mittels der Steueranordnung 7 werden die Antriebsanordnungen 5 in einer Verstellroutine angesteuert, um die motorisch verstellbaren Innenraumelemente 4 über die Verstellkinematik gemäß dem kollisionsfreien Verstellpfad zu verstellen. Die Pfadplanungsroutine kann vor und/oder während der Verstellroutine vorgenommen werden.

[0041] Wesentlich ist nun, dass mittels der Steueranordnung 7 anhand eines vorgegebenen, auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells 14 für die Zwischenkonfigurationen M_z eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt wird und dass die Zwischenkonfigurationen M_z abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung 13 unterzogen oder verworfen werden.

[0042] Die vom Kollisionsschätzmodell 14 erzeugte Prognose kann somit für eine Vorauswahl der Zwischenkonfigurationen M_z herangezogen werden. Zwischenkonfigurationen M_z , welche gemäß der Prognose wahrscheinlich kollisionsbehaftet sind, werden verworfen und somit nicht der Kollisionsprüfung 13 zugeführt. Insbesondere werden für die Zwischenkonfigurationen M_z jeweils eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt und die jeweilige Zwischenkonfiguration M_z abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung 13 unterzogen oder verworfen.

[0043] Mit der Ausgestaltung des Kollisionsschätzmodells 14 als trainiertes Maschinenlernmodell kann auch bei einem komplexen, hochdimensionalen Konfigurationsraum 11 eine zuverlässige Prognose erreicht werden. Gleichzeitig ist der Rechenaufwand zum Einsatz des Kollisionsschätzmodells 14 im Vergleich zur eigentlichen Kollisionsprüfung 13 über Kinematikmodell und Geometriemodell in vielen Fällen gering. Das Kollisionsschätzmodell 14 kann in einer einfachen Ausgestaltung eine binäre Einstufung der jeweiligen Zwischenkonfiguration M_z vornehmen (voraussichtlich kollisionsfrei / voraussichtlich kollisionsbehaftet) oder auch ein Maß für die Prognose angeben, vorzugsweise eine Kollisionswahrscheinlichkeit, welches als Grundlage für die Entscheidung dient, ob die jeweilige Zwischenkonfiguration M_z der Kollisionsprüfung 13 unterzogen wird oder nicht.

[0044] Ein beispielhafter Ablauf der Pfadplanungsroutine ist weiter in **Fig. 3** dargestellt. Hier und vor-

zugsweise werden Zwischenkonfigurationen M_z basierend auf einer probabilistischen Pfadplanungsmethode erzeugt. Vorzugsweise werden die Zwischenkonfigurationen M_z auf probabilistischen Methoden unter Hinzunahme eines Bias, etwa einer Vorzugsrichtung im Konfigurationsraum 11, erzeugt.

[0045] Die Zwischenkonfigurationen M_z können allgemein probabilistisch erzeugten Knotenpunkten der Pfadplanungsmethode entsprechen und/oder auch auf Verbindungspfaden der probabilistisch erzeugten Knotenpunkte liegen. In **Fig. 3** ist eine Zusammenstellung 15 von vorgeschlagenen Zwischenkonfigurationen M_z gezeigt, hier als Knotenpunkte der Pfadplanungsmethode, die probabilistisch erzeugt werden und dem Kollisionsschätzmodell 14 zugeführt werden. Die Verbindungspfade der Knotenpunkte können auf gleiche Weise geprüft werden.

[0046] Einzelne der vorgeschlagenen Zwischenkonfigurationen M_z werden gemäß der Prognose als kollisionsbehaftet eingestuft, da beispielsweise das Kollisionsschätzmodell 14 diesen Zwischenkonfigurationen M_z eine vergleichsweise hohe Kollisionswahrscheinlichkeit zuordnet. Solche Zwischenkonfigurationen M_z werden verworfen und es verbleibt eine vorselektierte Zusammenstellung 16 der restlichen, vorgeschlagenen Zwischenkonfigurationen M_z , welche wiederum der Kollisionsprüfung 13 unterzogen werden.

[0047] Mit der Kollisionsprüfung 13 werden hier gegebenenfalls aus der vorselektierten Zusammenstellung 16 weitere Zwischenkonfigurationen M_z als kollisionsbehaftet eingestuft und verworfen. Eine bereinigte Zusammenstellung 17 von kollisionsfreien Zwischenkonfigurationen M_z dient der Erstellung des kollisionsfreien Verstellpfads 10.

[0048] Neben der Identifikation eines kollisionsfreien Verstellpfads 10 erlaubt die Pfadplanungsroutine auch eine Optimierung des Verstellpfads 10 bei verschiedenen möglichen Alternativen. Der kollisionsfreie Verstellpfad 10 kann gegenüber Nebenbedingungen optimiert werden. Als Nebenbedingung in der Pfadplanungsroutine kann ein mit der Ermittlung des kollisionsfreien Verstellpfads 10 zu optimierender Verstellparameter angegeben sein. Für den Bedienkomfort vorteilhafte Nebenbedingungen sind beispielsweise eine Minimierung der Verstellzeit und/oder eine Minimierung des Verstellwegs. Als Nebenbedingung kann auch die für die Pfadplanungsroutine aufzuwendende Rechenzeit angegeben sein, beispielsweise eine maximale Rechenzeit, innerhalb welcher der Verstellpfad 10 hinsichtlich weiterer Nebenbedingungen optimiert werden soll. Ebenfalls kann der erstellte kollisionsfreie Verstellpfad 10 einer Optimierung unterzogen werden, beispielsweise einer Glättung.

[0049] Der kollisionsfreie Verstellpfad 10 wird vorzugsweise beruhend auf einer Rapidly-Exploring Random Tree (RRT)-Methode und/oder Probabilistic Roadmap (PRM)-Methode ermittelt. Diese ebenfalls für die autonome Navigation und die Robotik entwickelten Pfadplanungsmethoden sind vorliegend vorteilhaft auf das Verstellsystem 1 für ein Kraftfahrzeug 3 anwendbar. Zusätzlich oder alternativ ist es möglich, den kollisionsfreien Verstellpfad 10 beruhend auf einer Potentialfeldmethode und/oder einer heuristischen Suchmethode zu ermitteln. Eine Prüfung auf Kollisionen von Zwischenkonfigurationen M_z erfolgt hier wie beschrieben über eine Vorselektion mittels des Kollisionsschätzmodells 14 und der Kollisionsprüfung 13.

[0050] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung basiert das Kollisionsschätzmodell 14 auf einem trainierten neuronalen Netzwerk 18. Denkbar sind jedoch auch andere Ausgestaltungen von Maschinenlernmodellen.

[0051] Wie bereits angesprochen, wird vorzugsweise anhand des Kollisionsschätzmodells 14 eine Kollisionswahrscheinlichkeit der Zwischenkonfiguration M_z ermittelt. Anhand der Kollisionswahrscheinlichkeit, beispielsweise anhand einer vorgegebenen Funktion für die Kollisionswahrscheinlichkeit, kann entschieden werden, ob die jeweilige Zwischenkonfiguration der Kollisionsprüfung 13 unterzogen oder verworfen wird. Ebenfalls kann anhand des Kollisionsschätzmodells 14 ein Abstandsmaß von Innenraumelementen für die Zwischenkonfiguration ermittelt werden, wobei anhand des Abstandsmaßes, insbesondere anhand einer vorgegebenen Funktion des Abstandsmaßes, über die Vornahme der Kollisionsprüfung 13 entschieden wird. Das Abstandsmaß kann insbesondere eine geometrische Mittelung von Abstandswerten beinhalten und/oder anhand von mindestens einem vorgegebenen Punkt im Arbeitsraum, beispielsweise anhand eines minimalen Abstands, vorgegeben sein.

[0052] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass für die Kollisionswahrscheinlichkeit und/oder das Abstandsmaß mindestens ein Schwellwert vorgegeben ist, und dass die jeweilige Zwischenkonfiguration M_z abhängig vom Überschreiten des mindestens einen Schwellwerts der Kollisionsprüfung 13 unterzogen oder verworfen wird. Die Schwellwerte können für verschiedene Zwischenkonfigurationen M_z unterschiedlich vorgegeben sein. Beispielsweise sind für verschiedene Abschnitte des Konfigurationsraums 11 jeweilige Schwellwerte vorgesehen. Hiermit können insbesondere für verschiedene Konfigurationen und Innenraumelemente verschiedene Mindestabstände abgebildet werden.

[0053] Gemäß einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass mehrere Zwischenkonfigurationen M_z , insbesondere in einem vorgegebenen Abschnitt 19 des Konfigurationsraums, erzeugt werden. Mindestens eine der Zwischenkonfigurationen M_z wird anhand des Kollisionsschätzmodells für die Kollisionsprüfung 13 ausgewählt. In **Fig. 3** ist beispielhaft ein Abschnitt 19 des Konfigurationsraums 11 dargestellt, welcher Grenzflächen der Kollisionsbereiche 12 beinhaltet. Hier kann das Kollisionsschätzmodell 14 wiederum genutzt werden, um besonders vielversprechende Zwischenkonfigurationen M_z für die Kollisionsprüfung 13 auszuwählen, was im Abschnitt 20 des Konfigurationsraums in **Fig. 3** anhand von drei ausgewählten Zwischenkonfigurationen M_z' gezeigt ist. Diese Zwischenkonfigurationen M_z' werden hier der Kollisionsprüfung 13 unterzogen und eine bereinigte Zusammenstellung von Zwischenkonfigurationen M_z' im Abschnitt 21 erstellt.

[0054] Vorzugsweise wird die mindestens eine Zwischenkonfiguration M_z' anhand einer Optimierung der Kollisionswahrscheinlichkeit und/oder des Abstandsmaßes ausgewählt. Beispielsweise wird aus mehreren, vorgeschlagenen Zwischenkonfigurationen M_z eine oder mehrere Zwischenkonfigurationen M_z' mit der geringsten Kollisionswahrscheinlichkeit und/oder dem höchsten Abstandsmaß ausgewählt.

[0055] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung wird das Kollisionsschätzmodell 14 in einem Trainingsschritt anhand eines Trainingsdatensatzes 22 trainiert, was in **Fig. 4** wiedergegeben ist.

[0056] Bei dem Trainingsdatensatz 22 handelt es sich in dem dargestellten Beispiel um eine Zusammenstellung von Zwischenkonfigurationen M_z , denen jeweils etwa die Eigenschaft „kollisionsfrei“ oder „kollisionsbehaftet“, eine Kollisionswahrscheinlichkeit und/oder ein Abstandsmaß zugeordnet ist. Anhand der Trainingsdatensatzes 22 wird hier das neuronale Netzwerk 18 trainiert und ein Parametersatz 23 erzeugt, der als Grundlage für das Kollisionsschätzmodell 14 dient.

[0057] Der Trainingsschritt kann vorteilhafterweise vor der Inbetriebnahme des Verstellsystems 1 vorgenommen werden, sodass für das Training und insbesondere die rechenintensive Erstellung des Trainingsdatensatzes entsprechende Rechenkapazitäten bereitgestellt werden können. Ebenfalls denkbar ist ein Training im Betrieb des Verstellsystems 2, wobei vorzugsweise ein vortrainiertes Maschinenlernmodell weiter trainiert wird.

[0058] Bevorzugt ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung, dass der Trainingsdatensatz anhand der Durchführung der Kollisionsprüfung 13 für eine vor-

gegebene Zusammenstellung 24 von Zwischenkonfigurationen M_z erzeugt wird. Die Zusammenstellung 24 kann auf unterschiedliche, insbesondere für probabilistische Pfadplanungsmethoden an sich bekannte, Weise vorgegeben sein. In **Fig. 4** sind beispielhaft regelmäßig im Konfigurationsraum 11 verteilte Zwischenkonfigurationen M_z , zufällig verteilte Zwischenkonfigurationen M_z im Konfigurationsraum 11 mit unterschiedlichen Dichten verteilte Zwischenkonfigurationen M_z gezeigt. Die Zwischenkonfigurationen M_z der Zusammenstellung werden der Kollisionsprüfung 13 unterzogen und die Zwischenkonfigurationen M_z in Abhängigkeit des Ergebnisses der Kollisionsprüfung 13 annotiert, um den Trainingsdatensatz 22 zu erzeugen.

[0059] Grundsätzlich kann das vorschlagsgemäße Verfahren für Innenräume 2 mit verschiedenen Zusammenstellungen von Innenraumelementen eingesetzt werden. Dabei ist auch möglich, dass im Betrieb des Kraftfahrzeugs 3 Innenraumelemente hinzugefügt, getauscht und/oder entfernt werden. Gemäß einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausgestaltung wird in einer Identifikationsroutine mittels der Steueranordnung 7 eine Identifikation der im Innenraum 2 angeordneten Innenraumelemente vorgenommen.

[0060] Die Identifikation kann mittels einer Erfassung der Innenraumelemente über eine Innenraumsensoranordnung 25 erfolgen. Beispielsweise wird in einer Ausgestaltung der Innenraum 2 über eine Bilderkennung auf das Vorliegen verschiedener, vorbekannter Innenraumelemente untersucht. Die Identifikation kann ebenfalls über eine Erkennung eines elektronischen Markers der Innenraumelemente mittels der Steueranordnung 7 vorgenommen werden. Denkbar ist, dass das Innenraumelement mit einem elektronischen Marker wie einem RFID-Chip oder dergleichen ausgestattet ist, welcher von der Steueranordnung 7 kabellos und/oder kabelgebunden ausgelesen wird.

[0061] Eine Abänderung der Innenraumelemente wird hier und vorzugsweise in der Pfadplanungsroutine berücksichtigt. Mittels der Steuereinheit 7 kann das Kollisionsschätzmodell 14 aus mehreren, auf verschiedene Anordnungen von Innenraumelementen trainierten Maschinenlernmodellen in Abhängigkeit der erfolgten Identifikation ausgewählt werden. Ebenfalls kann eine Anpassung des Kinematikmodells und/oder Geometriemodells erfolgen.

[0062] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, dass in der Kollisionsprüfung 13 eine Prüfung auf eine Kollision der Innenraumelemente miteinander sowie auf eine Kollision der Innenraumelemente mit Gegenständen 26 und/oder Personen 27 im Innenraum 2 vorgenommen wird. Die Gegenstände 26 und/oder Personen 27 werden

beispielsweise ebenfalls über das Geometriemodell in der Kollisionsprüfung 13 abgebildet. Die Gegenstände 26 und/oder Personen 27 werden hier im Innenraum 2 mittels der Innenraumsensoranordnung 25 erfasst und beispielsweise anhand einer Klassifizierung im Geometriemodell berücksichtigt.

[0063] Die Innenraumsensoranordnung 25 kann hierbei mindestens einen Radarsensor, optischen Sensor, beispielsweise einen bildgebenden Sensor wie eine Kamera, insbesondere eine ToF-Kamera und/oder 3D-Kamera, einen akustischen Sensor, beispielsweise einen Ultraschallsensor, aufweisen. Ebenfalls kann die Innenraumsensoranordnung 25 einen Sitzbelegungssensor, einen kapazitiven Sensor oder dergleichen aufweisen, der einen Rückschluss auf die Anwesenheit eines Objekts im Innenraum 2 ermöglicht.

[0064] Gemäß einer weiteren Lehre, der eigenständige Bedeutung zukommt, wird eine Steueranordnung 7 für den Betrieb eines Verstellsystems 1 für einen Innenraum 2 eines Kraftfahrzeugs 3 als solche beansprucht.

[0065] Wesentlich ist hierbei, dass die Steueranordnung 7 anhand eines vorgegebenen, auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells 14 für die Zwischenkonfigurationen Mz eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt und dass die Steueranordnung 7 die Zwischenkonfigurationen Mz abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung 13 unterzieht oder verwirft. Auf alle Ausführungen zum vorschlagsgemäßen Verfahren wird verwiesen.

[0066] Gemäß einer weiteren Lehre, der ebenfalls eigenständige Bedeutung zukommt, wird ein Kraftfahrzeug 3 zur Durchführung eines vorschlagsgemäßen Verfahrens als solches beansprucht. Auch insoweit wird auf alle Ausführungen zum vorschlagsgemäßen Verfahren verwiesen.

[0067] Gemäß einer weiteren Lehre, der ebenfalls eigenständige Bedeutung zukommt, wird ein Computerprogrammprodukt beansprucht. Das Computerprogrammprodukt weist Befehle auf, die bewirken, dass die vorschlagsgemäße Steueranordnung 7 veranlasst wird, die beschriebene Pfadplanungsroutine durchzuführen. Die Steueranordnung 7 weist hier und vorzugsweise einen Speicher auf, in welchem das Computerprogrammprodukt hinterlegt ist, sowie einen Prozessor zur Verarbeitung der Befehle.

[0068] Das Computerprogrammprodukt weist Befehle auf, die bewirken, dass das vorschlagsgemäße Kraftfahrzeug das vorschlagsgemäße Verfahren durchführt. Auf alle obigen Ausführungen zu den weiteren Lehren wird verwiesen.

[0069] Ferner wird ein computerlesbares Medium beansprucht, auf dem das vorschlagsgemäße Computerprogramm, vorzugsweise nicht-flüchtig, gespeichert ist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102019209740 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Verstellsystems (1) für einen Innenraum (2) eines Kraftfahrzeugs (3), wobei das Verstellsystem (1) motorisch verstellbare Innenraumelemente (4) aufweist, welche mittels jeweiliger Antriebsanordnungen (5) mit Aktoren (6) über eine Verstellkinematik zwischen verschiedenen Konfigurationen verstellbar sind, wobei mittels einer Steueranordnung (7) in einer Pfadplanungsroutine ein kollisionsfreier Verstellpfad (10) von einer Ausgangskonfiguration (M_A) in eine Endkonfiguration (M_E) über Zwischenkonfigurationen (M_z) ermittelt wird, wobei für die Zwischenkonfigurationen (M_z) eine Kollisionsprüfung (13) vorgenommen wird, in welcher basierend auf einem Kinematikmodell der Verstellkinematik und einem Geometriemodell der Innenraumelemente die jeweilige Zwischenkonfiguration (M_z) auf Vorliegen einer Kollision überprüft wird, wobei der kollisionsfreie Verstellpfad (10) basierend auf den Zwischenkonfigurationen (M_z) und abhängig von den Ergebnissen der Kollisionsprüfung erstellt wird, wobei mittels der Steueranordnung (7) die Antriebsanordnungen (5) in einer Verstellroutine angesteuert werden, um die motorisch verstellbaren Innenraumelemente (4) über die Verstellkinematik gemäß dem kollisionsfreien Verstellpfad (10) zu verstellen, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Steueranordnung (7) anhand eines vorgegebenen, auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells (14) für die Zwischenkonfigurationen (M_z) eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt wird und dass die Zwischenkonfigurationen (M_z) abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung (13) unterzogen oder verworfen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zwischenkonfigurationen (M_z) basierend auf einer probabilistischen Pfadplanungsmethode erzeugt werden, vorzugsweise, dass die Zwischenkonfigurationen (M_z) probabilistisch erzeugten Knotenpunkten der Pfadplanungsmethode entsprechen und/oder auf Verbindungspfaden der probabilistisch erzeugten Knotenpunkte liegen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zwischenkonfigurationen (M_z) basierend auf einer Rapidly-Exploring Random Tree (RRT)-Methode und/oder Probabilistic Roadmap (PRM)-Methode ermittelt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kollisionsschätzmodell (14) auf einem trainierten neuronalen Netzwerk (18) basiert.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass anhand des Kollisionsschätzmodells (14) eine Kollisionswahrscheinlichkeit der Zwischenkonfiguration (M_z) ermittelt wird, und/oder, dass anhand des Kollisionsschätzmodells (14) ein Abstandsmaß von Innenraumelementen für die Zwischenkonfiguration (M_z) ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Kollisionswahrscheinlichkeit und/oder das Abstandsmaß mindestens ein Schwellwert vorgegeben ist, und dass die jeweilige Zwischenkonfiguration (M_z) abhängig vom Überschreiten des mindestens einen Schwellwerts der Kollisionsprüfung (13) unterzogen oder verworfen wird, vorzugsweise, dass für verschiedene Abschnitte des Konfigurationsraums (11) jeweilige Schwellwerte vorgesehen sind.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Zwischenkonfigurationen (M_z), insbesondere in einem vorgegebenen Abschnitt (19) des Konfigurationsraums (11), erzeugt werden und mindestens eine der Zwischenkonfigurationen (M_z) anhand des Kollisionsschätzmodells für die Kollisionsprüfung ausgewählt wird, vorzugsweise, dass die mindestens eine Zwischenkonfiguration (M_z) anhand einer Optimierung der Kollisionswahrscheinlichkeit und/oder des Abstandsmaßes ausgewählt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kollisionsschätzmodell (14) in einem Trainingsschritt anhand eines Trainingsdatensatzes (22) trainiert wird, vorzugsweise, dass der Trainingsschritt vor der Inbetriebnahme des Verstellsystems (2) und/oder im Betrieb des Verstellsystems (2) vorgenommen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Trainingsdatensatz (22) anhand der Durchführung der Kollisionsprüfung (13) für eine vorgegebene Zusammenstellung (24) von Zwischenkonfigurationen (M_z) erzeugt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Identifikationsroutine mittels der Steueranordnung (7) eine Identifikation der im Innenraum (2) angeordneten Innenraumelemente vorgenommen wird, insbesondere mittels einer Erfassung der Innenraumelemente über eine Innenraumsensoranordnung (25), und dass mittels der Steuereinheit (7) das Kollisionsschätzmodell (14) aus mehreren, auf verschiedene Anordnungen von Innenraumelementen trainierten Maschinenlernmodellen in Abhängigkeit der erfolgten Identifikation auswählt.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Kollisionsprüfung (13) eine Prüfung auf eine Kollision der Innenraumelemente miteinander sowie auf eine Kollision der Innenraumelemente mit Gegenständen (26) und/oder Personen (27) im Innenraum (2) vorgenommen wird, vorzugsweise, dass die Gegenstände (26) und/oder Personen (27) im Innenraum (2) mittels einer Innenraumsensoranordnung (25) erfasst werden.

12. Steueranordnung für den Betrieb eines Verstellsystems (1) für einen Innenraum (2) eines Kraftfahrzeugs (3), wobei das Verstellsystem (1) motorisch verstellbare Innenraumelemente (4) aufweist, welche mittels jeweiliger Antriebsanordnungen (5) mit Aktoren (6) über eine Verstellkinematik zwischen verschiedenen Konfigurationen verstellbar sind, wobei die Steueranordnung (7) in einer Pfadplanungsroutine einen kollisionsfreien Verstellpfad (10) von einer Ausgangskonfiguration (M_A) in eine Endkonfiguration (M_E) über Zwischenkonfigurationen (Mz) ermittelt, wobei die Steueranordnung (7) für die Zwischenkonfigurationen (Mz) eine Kollisionsprüfung (13) vornimmt, in welcher basierend auf einem Kinematikmodell der Verstellkinematik und einem Geometriemodell der Innenraumelemente die jeweilige Zwischenkonfiguration (Mz) auf Vorliegen einer Kollision überprüft wird, wobei die Steueranordnung (7) den kollisionsfreien Verstellpfad (10) basierend auf den Zwischenkonfigurationen (Mz) und abhängig von den Ergebnissen der Kollisionsprüfung erstellt, wobei die Steueranordnung (7) die Antriebsanordnungen (5) in einer Verstellroutine ansteuert, um die motorisch verstellbaren Innenraumelemente (4) über die Verstellkinematik gemäß dem kollisionsfreien Verstellpfad (10) zu verstellen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steueranordnung (7) anhand eines vorgegebenen, auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells (14) für die Zwischenkonfigurationen (Mz) eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt und dass die Steueranordnung (7) die Zwischenkonfigurationen (Mz) abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung (13) unterzieht oder verwirft.

13. Kraftfahrzeug zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

14. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, die bewirken, dass eine Steueranordnung nach Anspruch 12 veranlasst wird, in einer Pfadplanungsroutine einen kollisionsfreien Verstellpfad (10) von einer Ausgangskonfiguration (M_A) in eine Endkonfiguration (M_E) über Zwischenkonfigurationen (Mz) zu ermitteln, wobei die Steueranordnung (7) für die Zwischenkonfigurationen (Mz) eine Kollisionsprüfung (13) vornimmt, in welcher basierend auf einem Kinematikmodell der Verstellkinematik und einem Geometriemodell der Innenraumelemente die jeweilige Zwischenkonfiguration (Mz) auf Vorliegen einer Kollision überprüft wird, wobei die Steueranordnung (7) den kollisionsfreien Verstellpfad (10) basierend auf den Zwischenkonfigurationen (Mz) und abhängig von den Ergebnissen der Kollisionsprüfung erstellt, wobei die Steueranordnung (7) die Antriebsanordnungen (5) in einer Verstellroutine ansteuert, um die motorisch verstellbaren Innenraumelemente (4) über die Verstellkinematik gemäß dem kollisionsfreien Verstellpfad (10) zu verstellen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steueranordnung (7) anhand eines vorgegebenen, auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells (14) für die Zwischenkonfigurationen (Mz) eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt und dass die Steueranordnung (7) die Zwischenkonfigurationen (Mz) abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung (13) unterzieht oder verwirft.

sionsprüfung (13) vornimmt, in welcher basierend auf einem Kinematikmodell der Verstellkinematik und einem Geometriemodell der Innenraumelemente die jeweilige Zwischenkonfiguration (Mz) auf Vorliegen einer Kollision überprüft wird, wobei die Steueranordnung (7) den kollisionsfreien Verstellpfad (10) basierend auf den Zwischenkonfigurationen (Mz) und abhängig von den Ergebnissen der Kollisionsprüfung erstellt, wobei die Steueranordnung (7) die Antriebsanordnungen (5) in einer Verstellroutine ansteuert, um die motorisch verstellbaren Innenraumelemente (4) über die Verstellkinematik gemäß dem kollisionsfreien Verstellpfad (10) zu verstellen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steueranordnung (7) anhand eines vorgegebenen, auf einem trainierten Maschinenlernmodell basierenden Kollisionsschätzmodells (14) für die Zwischenkonfigurationen (Mz) eine Prognose über das Vorliegen einer Kollision erzeugt und dass die Steueranordnung (7) die Zwischenkonfigurationen (Mz) abhängig von der Prognose der Kollisionsprüfung (13) unterzieht oder verwirft.

15. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 14 gespeichert ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

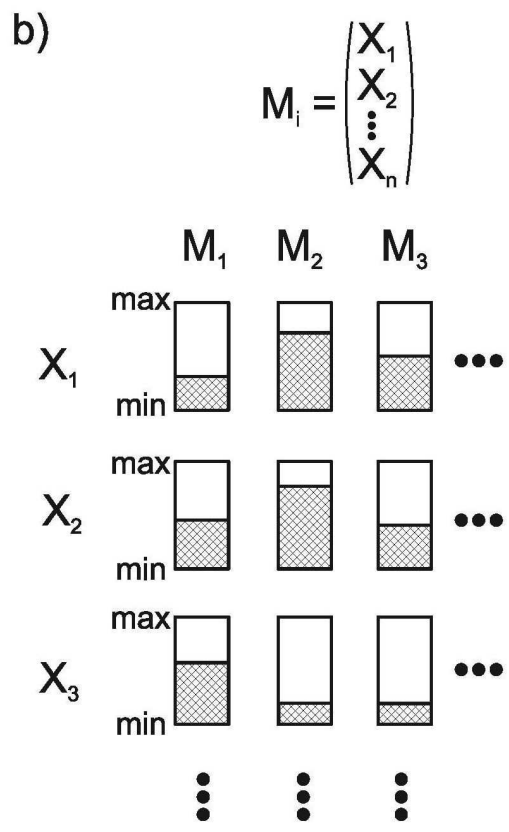
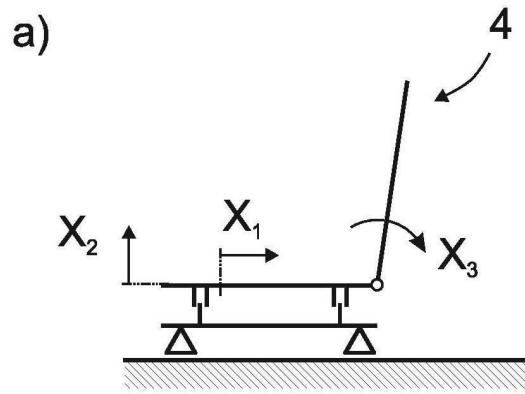


Fig. 2

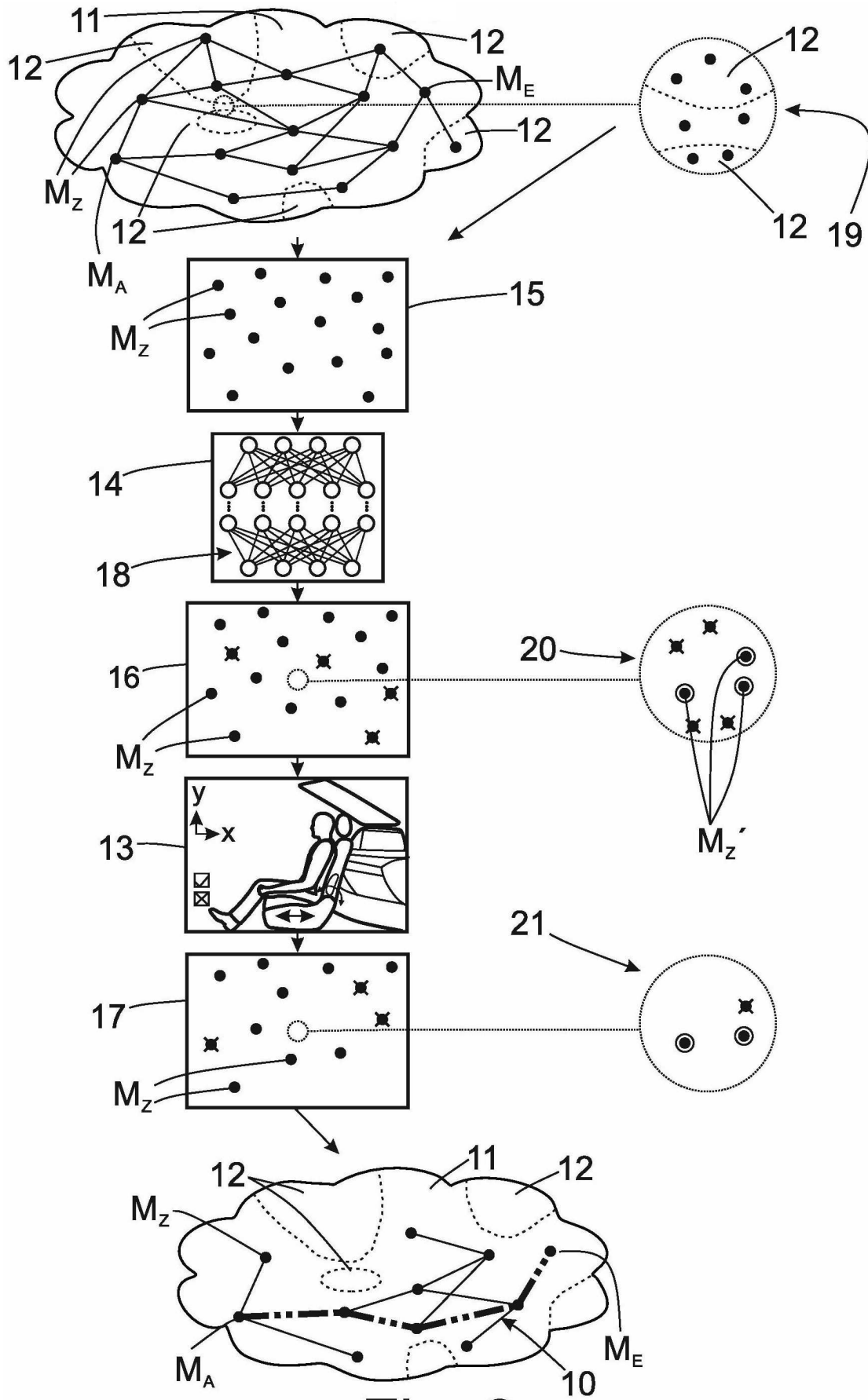


Fig. 3

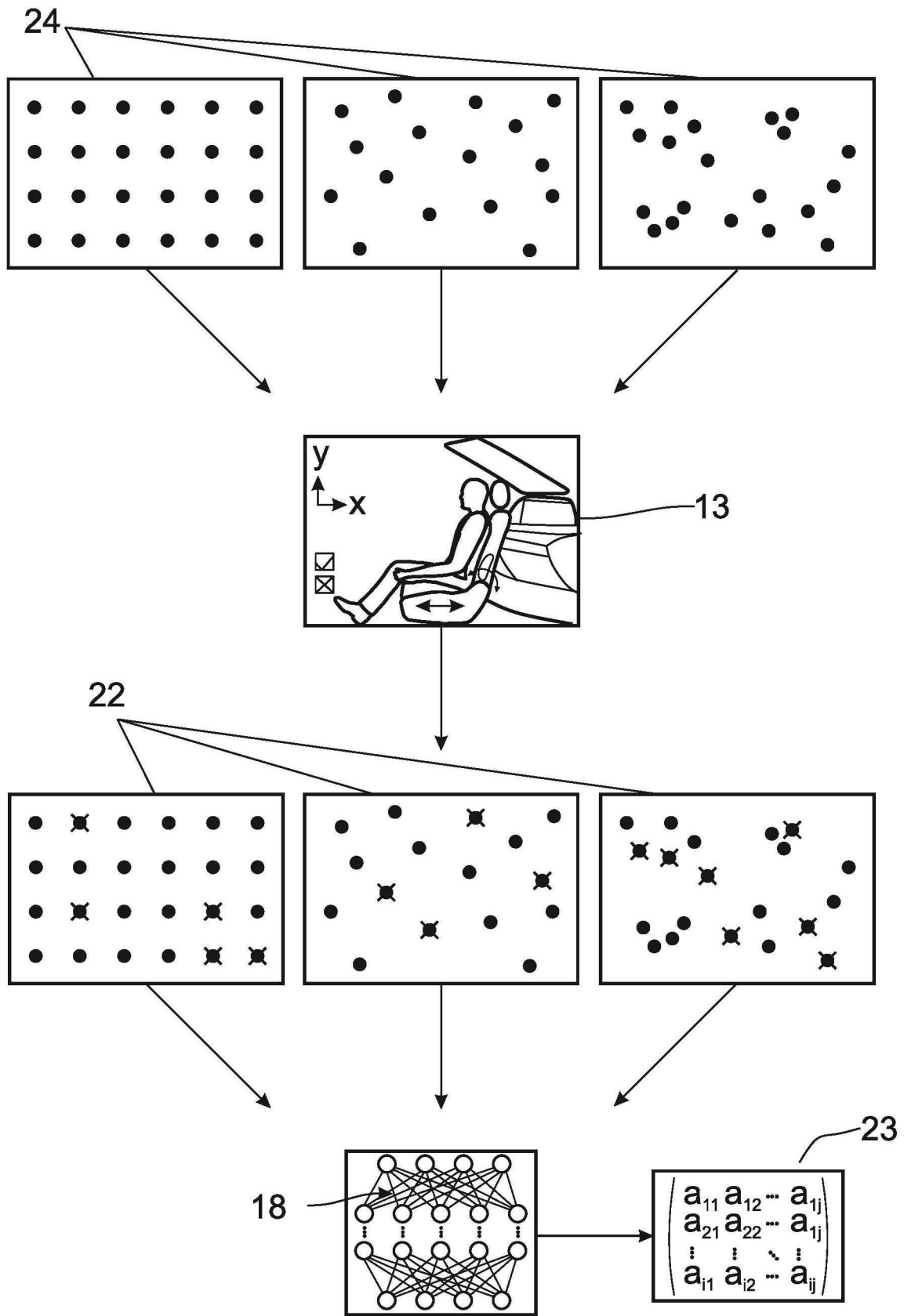


Fig. 4