

(19)



(11)

EP 2 694 347 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.09.2015 Patentblatt 2015/38

(51) Int Cl.:
B61D 15/06 (2006.01) B61D 17/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12713652.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2012/055310

(22) Anmeldetag: **26.03.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/136500 (11.10.2012 Gazette 2012/41)

(54) **SCHIENENFAHRZEUG MIT ANGESETZTER VERFORMUNGSZONE**

RAIL VEHICLE HAVING AN ATTACHED DEFORMATION ZONE

VÉHICULE FERROVIAIRE À ZONE DE DÉFORMATION RAPPORTÉE

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

- **GRAF, Richard**
A-1020 Wien (AT)
- **SEITZBERGER, Markus**
A-1230 Wien (AT)

(30) Priorität: **04.04.2011 AT 4762011**

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.02.2014 Patentblatt 2014/07

(73) Patentinhaber: **Siemens AG Österreich**
1210 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 215 098 US-A- 5 579 699
US-A1- 2007 261 591

(72) Erfinder:
• **HEINZL, Philipp**
A-1120 Wien (AT)

EP 2 694 347 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schienenfahrzeug mit einer angesetzten Verformungszone.

Stand der Technik

[0002] Zulassungsnormen für Schienenfahrzeuge fordern unter anderem den Nachweis bestimmter Festigkeitswerte des Wagenkastens. Diese Normen fordern beispielsweise den Nachweis, dass das Schienenfahrzeug einer bestimmten Längskraft (Kupplungsdruck, Pufferdruck, Druck auf Endquerträger) beschädigungsfrei widerstehen kann. Die für Europa gültige Norm UIC-566 fordert beispielsweise einen nachzuweisenden Kupplungsdruck von 2000kN, die für die USA gültige Norm fordert 3558kN (800kip). Gleichzeitig wird sehr oft gefordert, zur Steigerung der passiven Sicherheit der Passagiere, ein optimiertes Verformungsverhalten bei einem Zusammenstoß zu gewährleisten.

[0003] Dazu sind konstruktive Maßnahmen vorzusehen, welche es erlauben, die Aufprallenergie so aufzunehmen, dass definiert verformbare Knautschzonen diese Energie in Verformungsenergie wandeln und dabei die Belastungen für die Personen im Fahrzeug reduzieren.

[0004] Ebenso dürfen die Überlebensräume im Fahrzeug nicht zu stark verformt werden, um die Verletzungswahrscheinlichkeit für die Personen im Fahrzeug, insbesondere auch für das am Zuganfang befindliche Fahrpersonal, zu reduzieren. Dies ist insbesondere für Zugverbände mit Schublokomotiven bzw. Triebzüge von Bedeutung.

[0005] Gemäß dem Stand der Technik können Schienenfahrzeuge leicht auf bestimmte Kupplungs- bzw. Endquerträgerdrücke dimensioniert werden. Ebenso gelingt es, geeignete Crashmodule zur Aufnahme der Verformungsenergie vorzusehen. Eine Kombination der Forderungen nach einem hohen statischen Kupplungs- bzw. Endquerträgerdruck und nach einem Crashverhalten, welches die maximale Verzögerung des Fahrzeuges und damit auch die Belastungen der Fahrgäste im Crashfall reduzieren kann, ist für strukturell integrierte Verformungszonen noch nicht zufriedenstellend gelöst.

[0006] Eine weitere Komplikation bei der Lösung dieser widersprüchlichen Forderung besteht in der Forderung nach senkrechten Wagenenden auch am Zuganfang und am Zugende, was besonders in den USA bevorzugt gewünscht wird. Dabei ist das Fahrpersonal besonderen Gefahren ausgesetzt, da nur sehr eingeschränkt Bauraum für Crashelemente zur Verfügung steht. Eine Lösung gemäß dem Stand der Technik sieht vor, den Fahrerstand in Form einer steifen Zelle auszuführen, welche bei einem Zusammenstoß in das Fahrzeuginnere verschoben wird. Eine Reduzierung der Beschleunigung, die auf die im Fahrerstand befindlichen

Personen wirkt, kann dadurch aber nicht erzielt werden. Eine weitere Schwierigkeit für eine verformungsoptimierte Konstruktion liegt in dem in den USA häufigen Mischbetrieb aus Personen- und Güterverkehr auch auf Nahverkehrsstrecken, sodass als Kollisionsgegner eine Vielzahl an Fahrzeugen in Betracht kommt. Erschwerend ist dabei, das Güterwaggons und besonders die in den USA gebräuchlichen Lokomotiven praktisch keine energiedissipierenden Eigenschaften aufweisen. Diese Lokomotiven müssen durch ihren massiven Aufbau als praktisch starr angesehen werden und stellen außerdem in aller Regel auf Grund ihrer größeren Bauhöhe geometrisch völlig inkompatible Kollisionsgegner für Waggons dar.

[0007] Einerseits dürfen die statischen Auslegungs- und Prüflasten zu keiner plastischen Verformung der Bauteile, insbesondere der Crashelemente führen, was zwangsläufig zu sehr steifen Untergestellkonstruktionen führt. Andererseits sollen im Crashfall speziell zum Energieabbau vorgesehene Crashelemente zusammen mit der an sich steifen Untergestellkonstruktion auch bei Zusammenstößen mit geometrisch inkompatiblen Unfallgegnern gezielt plastisch deformieren. Als geometrisch inkompatibel werden Kollisionsgegner angesehen, bei welchen ein Auftreffen an nicht für den Kollisionsfall vorgesehenen Stellen auftritt. Beispielsweise bei einem auf das Untergestell bezogen vertikal nach oben versetzten Aufprall, wie er bei einer Kollision eines Passagierwagens mit einer Lokomotive oder einem Güterwagen auftreten kann. Dies ist mit den Lösungen gemäß dem Stand der Technik nur sehr unzureichend möglich.

[0008] Ein Schienenfahrzeug gemäß den Merkmalen des Oberbegriffes von Anspruch 1 ist z.B. bekannt aus US 5 579 699 A. Ähnliche Strukturen sind auch bekannt aus US 2007/261591 A1 und EP 1 215 098.

Darstellung der Erfindung

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone anzugeben, welches einerseits sehr hohen axialen Druckkräften widerstehen kann, andererseits ein gutes Verformungsverhalten bei Unfällen insbesondere auch mit geometrisch inkompatiblen Gegnern aufweist und besonders für die Ausbildung senkrechter Wagenenden vorgesehen ist.

[0010] Die Aufgabe wird durch ein Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand untergeordneter Ansprüche.

[0011] Dem Grundgedanken der Erfindung nach wird ein Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone beschrieben, welches wenigstens einen in einem stirnseitigen Bereich vorgesehenen Endquerträger und im Wesentlichen senkrecht angeordnete, von dem Endquerträger ausgehende Ecksäulen umfasst, und wobei eine Verformungszone stirnseitig vorgesehen ist, welche einen parallel zu dem Endquerträger in stirnseitiger Richtung beabstandet angeordneten Frontquerträger und

mindestens ein Kraftübertragungselement umfasst und wobei zwischen dem Endquerträger und dem Frontquerträger das mindestens eine Kraftübertragungselement angeordnet ist, welches Längsdruckkräfte zwischen dem Endquerträger und dem Frontquerträger bis zu einem bestimmten Wert plastisch verformungsfrei überträgt und bei Überschreiten dieses bestimmten Werts kollabiert oder versagt.

[0012] Eine vorteilhafte Fortbildung des erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs umfasst Schrägsäulen, welche zwischen dem Frontquerträger und einer Ecksäule angeordnet sind und welche die auf den Frontquerträger wirkenden Vertikalkräfte übertragen und in die Fahrzeugstruktur einleiten.

[0013] Eine weitere Fortbildung der Erfindung sieht vor, mindestens ein Verformungselement in der Verformungszone so anzuordnen, dass es an der Übertragung von Betriebslasten nicht teilnimmt, aber bei einem Zusammenstoß nach dem Kollabieren oder Versagen des Kraftübertragungselements in Wirkung tritt und die kinetische Energie des Zusammenstoßes wenigstens teilweise dissipiert.

[0014] Dadurch ist der Vorteil erzielbar, ein Schienenfahrzeug realisieren zu können, welches bestimmten Längs Kräften (Kupplungsdruck, Pufferdruck, Endquerträgerdruck) sicher zu widerstehen vermag, andererseits ein energiedissipierendes Verformungsverhalten aufweist, welches die auf die Passagiere wirkenden Kräfte bei einem Zusammenstoß vermindert.

[0015] Das Kraftübertragungselement und gegebenenfalls die Schrägsäulen der erfindungsgemäßen Verformungszone sind so auszulegen, dass sie eine hinreichende Festigkeit aufweisen, um alle Betriebs- und Prüfkräfte sicher zwischen dem Frontquerträger und dem Endquerträger bzw. der Ecksäulen übertragen zu können. Die wesentliche Eigenschaft des Kraftübertragungselements ist, dass es so dimensioniert ist, dass, sobald die Versagenslast überschritten ist, dieses Kraftübertragungselement so kollabiert oder versagt, dass es der weiteren Verformung keinen wesentlichen Widerstand mehr entgegenstellt.

[0016] Dieses Verhalten kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass festigkeitsgebende Bauteile im Versagensfall ausknicken, da für eine Knickverformung eine wesentlich niedrigere Kraft erforderlich ist als für eine Druck- oder Zugverformung. Ebenso lässt sich ein gleichwertiges Verhalten auch dadurch erreichen, dass festigkeitsgebende Bauteile mit einer Verbindungsart verbunden sind, welche bei einer definierten Überlast versagt, z.B. eine überlappende Verbindung mit Nieten, die bei einer bestimmten Auslegungslast abscheren. Dadurch nimmt das Kraftübertragungselement nach seinem Versagen an der darauffolgenden Energiedissipation nur mehr gering oder gar nicht teil. Diese Energiedissipation kann daher in den dafür vorgesehenen Verformungselementen erfolgen.

[0017] Es empfiehlt sich, das Kraftübertragungselement durch eine im Wesentlichen X-förmige Anordnung

von Platten zu gestalten, wobei die Krafteinbringung über jeweils gegenüberliegende Seiten dieser X-förmigen Plattenanordnung erfolgt. Es ist wesentlich, dass die Schnittlinie der Platten quer zur Kraftrichtung angeordnet ist, da solcherart ein sicheres Ausknicken der Platten erfolgt. Die Anordnung der Schnittlinie in Kraftrichtung würde hingegen zu einem Bauteil führen, dessen Kraft - Weg Diagramm bei plastischer Verformung über den gesamten Verformungsweg ein sehr hohes Kraftniveau aufweist und für gegenständliche Erfindung nicht als Kraftübertragungselement eingesetzt werden kann.

[0018] Tritt der Fall ein, dass ein geometrisch inkompatibler Unfallgegner zuerst auf die Schrägsäulen und das Verformungselement trifft, reagiert die X-förmige Anordnung von Platten ausreichend empfindlich und kollabiert durch die stark außermittige Belastung, die durch die anzunehmende darauf folgende plastische Verformung der Schrägsäulen auch eher verformungsgetriebenen Charakter hat, sodass auch in einem solchen Fall das Kraftübertragungselement nur noch äußerst gering an der Energiedissipation teilnimmt.

[0019] Eine Ausführungsform des Kraftübertragungselements sieht vor, die einzelnen Platten, welche das im Wesentlichen X-förmige Kraftübertragungselement bilden, mit jeweils unterschiedlicher Dicke auszuführen. Dadurch ist der Vorteil erzielbar, die Versagenslast und die Richtung des Ausknickens der Platten genau einstellen zu können. Eine solche Anordnung kann mit computerunterstützter Simulation in Bezug auf ihre Festigkeit (Versagenslast) sowie ihres plastisches Verformungsverhalten gut ausgelegt werden.

[0020] Weiters ist es empfehlenswert, eine Platte dieser X-förmigen Anordnung einstückig und mit einer größeren Dicke auszuführen als die beiden anderen Platten. Dadurch kann die Versagenslast genauer eingestellt werden.

[0021] Weiters ist es vorteilhaft, diese X-förmige Anordnung von Platten aus mehreren, insbesondere aus drei Platten zusammenzusetzen. Solcherart können die Versagenslast und das Knickverhalten besonders genau eingestellt werden.

[0022] Es ist empfehlenswert, die Platten an der Schnittlinie der Platten zu verbinden, wobei eine Schweißverbindung besonders vorteilhaft ist.

[0023] Als weitere vorteilhafte Ausgestaltungsvariante ist es auch möglich, das Kraftübertragungselement als kombiniertes Kraftübertragungs- und Energieabsorptionselement auszuführen, welches nach Überschreiten einer definierten Versagenslast durch Deformation Energie dissipiert.

[0024] Dies kann auf mehrere Arten erfolgen, die dem Stand der Technik im Schienenfahrzeugbau entsprechen. Als konkrete mögliche Ausführungsformen seien hier röhrenförmige Crashelemente erwähnt, die bei Überschreiten einer Spitzenkraft progressiv beulen, formschlüssig gehaltene festigkeitsgebende Bauteile, die bei Überschreiten einer Auslösekraft durch den Formschluss spanend bearbeitet werden sowie röhrenförmige

Crashelemente, die nach Überschreiten einer Auslöse-
kraft aufgeweitet, verengt oder abgeschält werden.

[0025] Mit der hier dargestellten Erfindung gelingt es,
ein Schienenfahrzeug mit einer Verformungszone anzu-
geben, deren Festigkeitsauslegung für statische Lasten
und die Crashtauglichkeitsauslegung für Unfalllasten
(mit großen plastischen Verformungen) praktisch und im
Wesentlichen getrennt durchführbar ist und die auch für
Kollisionen mit geometrisch inkompatiblen Unfallgeg-
nern und insbesondere auch für Fahrzeuge mit vertikalen
Wagenenden mit Türöffnung geeignet ist. Eine erfin-
dungsgemäße Verformungszone kann aber prinzipiell an
allen gebräuchlichen Schienenfahrzeugtypen vorge-
sehen werden. Als geometrisch inkompatible Unfallgegner
werden insbesondere Lokomotiven und Güterwaggons
angesehen.

[0026] Als Verformungselement können alle ge-
bräuchlichen Verformungselemente eingesetzt werden,
insbesondere auch solche aus röhrenförmigen Profilen.
Ebenso sind Verformungselemente aus einer Alumi-
niumwabenkonstruktion oder aus einem Metallschaum
einsetzbar.

[0027] Gegenständliche Erfindung ist besonders gut
für Schienenfahrzeuge geeignet, welche in den USA zu-
gelassen werden sollen, da die relevanten Normen das
Einbringen der Prüflängskräfte über die Endquerträger
vorsehen und somit keine an das Wagenende aufgesetz-
ten Verformungselemente vorgesehen werden können,
da diese den Prüfkraften nicht widerstehen können.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0028] Es zeigen beispielhaft:

Fig.1 Ein Schienenfahrzeug mit senkrechtem Wa-
genende gemäß dem Stand der Technik - Seitenan-
sicht.

Fig.2 Ein Schienenfahrzeug mit angesetzter Verfor-
mungszone-Seitenansicht.

Fig.3 Ein Schienenfahrzeug mit angesetzter Verfor-
mungszone-Aufsicht.

Fig.4 Ein Kraftübertragungselement in Seitenan-
sicht.

Fig.5 Ein Schienenfahrzeug mit angesetzter Verfor-
mungszone und innerem Verformungselement - Sei-
tenansicht.

Fig.6 Ein idealisiertes Kraft - Weg Diagramm eines
Verformungselements.

Fig.7 Ein idealisiertes Kraft - Weg Diagramm eines
Kraftübertragungselements.

Fig.8 Zusammenstoß Computersimulation - Seiten-
ansicht 1.

Fig.9 Zusammenstoß Computersimulation - Seiten-
ansicht 2.

Fig.10 Zusammenstoß Computersimulation - Sei-
tenansicht 3

Fig.11 Zusammenstoß Computersimulation - Sei-
tenansicht 4.

Fig.12 Zusammenstoß Computersimulation - Sei-
tenansicht 5.

Fig.13 Zusammenstoß Computersimulation -
Schrägansicht 1.

Fig.14 Zusammenstoß Computersimulation -
Schrägansicht 2.

Fig.15 Zusammenstoß Computersimulation -
Schrägansicht 3.

Fig.16 Zusammenstoß Computersimulation -
Schrägansicht 4.

Fig.17 Zusammenstoß Computersimulation -
Schrägansicht 5.

Ausführung der Erfindung

[0029] Fig.1 zeigt beispielhaft und schematisch ein
Schienenfahrzeug mit senkrechten Wagenenden ge-
mäß dem Stand der Technik in einer Seitenansicht. Es
ist ein Fahrzeugende eines Schienenfahrzeugs darge-
stellt, welches an seinem Ende einen Endquerträger
EQT aufweist.

[0030] An diesen Endquerträger EQT greifen die
Längskräfte an, dazu ist dieser Endquerträger EQT ent-
sprechend dimensioniert und gegebenenfalls mit Befes-
tigungsmitteln zur Aufnahme von Puffern, Kupplungen,
etc ausgestattet.

[0031] Senkrecht zu diesem Endquerträger EQT sind
Ecksäulen ES vorgesehen, welche sich vom Endquer-
träger EQT bis zum Dach des Schienenfahrzeugs erstre-
cken.

[0032] Die Verkleidung V dient im Wesentlichen übli-
chen Schutz- und Designzwecken und weist keine bei
einem Zusammenstoß relevante Festigkeit auf. Ein
Schienenfahrzeug gemäß Fig.1 weist keine wesentli-
chen energiedissipierenden Eigenschaften auf, bei ei-
nem Zusammenstoß wirken hohe Kräfte auf die Passagie-
re.

[0033] Fig.2 zeigt beispielhaft und schematisch ein
Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone in
einer Seitenansicht.

[0034] Es ist das Prinzip einer erfindungsgemäßen
Verformungszone dargestellt, wobei das Schienenfahr-
zeug wie in dem in Fig.1 gezeigten Beispiel zum Stand
der Technik aufgebaut ist.

[0035] Die erfindungsgemäße Verformungszone VZ
ist stirnseitig auf das Schienenfahrzeug aufgesetzt und
umfasst ein Kraftübertragungselement KUE, welches
zwischen einem Endquerträger EQT und einem Front-
querträger FQT angeordnet ist, wobei der Frontquerträ-
ger FQT parallel zu dem Endquerträger EQT in Richtung
des Wagenendes beabstandet angeordnet ist. Weiters
sind Schrägsäulen SS vorgesehen, welche den Front-
querträger mit einer Ecksäule ES verbinden. Diese Bau-
teile der Verformungszone VZ (Frontquerträger FQT,
Kraftübertragungselement KUE und Schrägsäule SS)
sind so gestaltet bzw. dimensioniert, dass diese alle Be-
triebs- und Prüfkraften sicher zwischen dem Endquerträ-
ger EQT bzw. den Ecksäulen ES bzw. Kollisionssäulen

KS und dem Frontquerträger FQT übertragen.

[0036] Eine Schrägsäule SS kann auch vertikale Abschnitte umfassen. Das Kraftübertragungselement KUE weist bei Belastung ein Kraft-Weg Diagramm wie in Fig. 7 dargestellt auf.

[0037] Weiters umfasst die Verformungszone VZ Verformungselemente VE, welche stirnseitig an den Ecksäulen ES angeordnet sind und welche bei Belastung ein Kraft-Weg Diagramm wie exemplarisch in Fig. 6 dargestellt aufweisen, sich also zur Energiedissipation im plastischen Verformungsfall eignen.

[0038] Diese Verformungselemente VE sind so angeordnet, dass sie an der Übertragung statischer Lasten nicht teilnehmen und erst nach dem Kollabieren oder Versagen des Kraftübertragungselements KUE in Wirkung geraten. Weiters geraten die Verformungselemente VE bei einem Zusammenstoß mit einem geometrisch inkompatiblen Kollisionsgegner in Wirkung.

[0039] Fig. 3 zeigt beispielhaft und schematisch ein Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone in einer Aufsicht mit einem Kraftübertragungselement. Es ist das Schienenfahrzeug aus Fig. 2 dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel sind vier senkrecht angeordnete, mit dem Endquerträger EQT verbundene Säulen vorgesehen. Zwei dieser vier Säulen, die Ecksäulen ES sind an der Wagenaußenseite des Endquerträgers EQT angeordnet, zwei weitere Säulen, die Kollisionssäulen KS sind von den Ecksäulen ES in Richtung der Wagenmitte beabstandet angeordnet. Die Schrägsäulen SS erstrecken sich zwischen dem Frontquerträger FQT und jeweils einer Kollisionssäule KS. Eine solche Bauweise entspricht dem in den USA häufig gewünschten Fahrzeugtyp, ein mittlerer Durchgang zwischen den beiden Schrägsäulen SS ist einfach zu realisieren. Ebenso eignet sich der Raum hinter dem Endquerträger EQT, insbesondere zwischen einer Ecksäule ES und einer Kollisionssäule KS gut für die Anordnung eines kollisionsgeschützten Fahrerstandes. Je nach gewünschter Fahrzeugform kann die Verkleidung V schräge, gerundete oder vertikale Fahrzeugenden formen.

[0040] Fig. 4 zeigt beispielhaft und schematisch ein Kraftübertragungselement in Seitenansicht.

[0041] Es ist ein Kraftübertragungselement KUE dargestellt, welches einen Endquerträger EQT mit einem Frontquerträger FQT verbindet. Dieses Kraftübertragungselement KUE weist einen Kraft - Weg Zusammenhang auf, wie er in Fig. 7 dargestellt ist. Zur Erzielung eines solchen Kraft - Weg Zusammenhangs ist es besonders vorteilhaft, das Kraftübertragungselement KUE aus x-förmig angeordneten Platten aufzubauen und die Schnittlinie der x-förmig angeordneten Platten des Kraftübertragungselements KUE quer zur Fahrzeuglängsrichtung anzuordnen. Durch diese Anordnung ist die Berechnung der Versagenslast gut möglich und diese Anordnung stellt nach dem Kollabieren bei Überschreitung der Versagenslast der weiteren Verformung nur einen sehr geringen Widerstand entgegen.

[0042] Fig. 5 zeigt beispielhaft und schematisch ein

Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone und innerem Verformungselement in einer Seitenansicht.

[0043] Es ist eine Fortbildung eines erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs mit angesetzter Verformungszone VZ, wie im Fig. 2 und 3 gezeigt, dargestellt. Ein inneres Verformungselement IVE ist wagenmittig eines Endquerträgers angeordnet und unterstützt das vorteilhafte Verformungsverhalten eines erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs. Dieses innere Verformungselement IVE ist so dimensioniert, dass es erst nach dem Versagen des Kraftübertragungselements KUE und nach dem Aufzehren des Verformungselements VE in Wirkung tritt. Ebenso verbessert das innere Verformungselement IVE das Verformungsverhalten des Schienenfahrzeugs bei Kollisionen mit geometrisch inkompatiblen Kollisionsgegnern, insbesondere bei der Kollision mit flachen Güterwagen, bei welchen die Verformungselemente VE in Extremfällen nur verspätet oder gar nicht verformt werden.

[0044] Fig. 6 zeigt beispielhaft und schematisch ein idealisiertes Kraft - Weg Diagramm eines Verformungselements. Es ist ein idealisiertes Kraft - Weg Diagramm eines typischen Verformungselements VE bei plastischer Verformung dargestellt. Die waagrechte Achse stellt den Verformungsweg x dar, die senkrechte Achse stellt die auf das Verformungselement VE wirkende Kraft F dar. Der Verlauf der Kraft F zeigt einen stark ansteigenden Abschnitt und einen bei weiterer Verformung anschließenden waagrechten Abschnitt auf. Der Bereich dieses waagrechten Abschnitts, bei welchem eine weitere Verformung x bei konstanter Kraft F auftritt, stellt den für die Energiedissipation wesentlichen Bereich dar. Ist der konstruktiv vorgegebene maximale Verformungsweg aufgebraucht, das Verformungselement VE also komplett gestaucht, tritt ein sehr steiler Kraftanstieg auf und das Verformungselement VE weist keine wesentliche energiedissipierende Wirkung mehr auf.

[0045] Fig. 7 zeigt beispielhaft und schematisch ein idealisiertes Kraft - Weg Diagramm eines Kraftübertragungselements. Es ist ein Kraft - Weg Diagramm eines typischen Kraftübertragungselements KUE bei plastischer Verformung bzw. Instabilität dargestellt. Die waagrechte Achse stellt den Verformungsweg x dar, die senkrechte Achse stellt die auf das Kraftübertragungselement KUE wirkende Kraft F dar. Im Gegensatz zu dem in Fig. 6 gezeigten Kraft - Weg Diagramm eines Verformungselements VE zeigt der Kraft-Weg Verlauf eines Kraftübertragungselements KUE nach einem steilen Kraftanstieg bei beginnender Verformung bis zu einem maximalen Wert der Kraft F keinen anschließenden waagrechten Kraftverlauf. Die wesentliche Eigenschaft eines Kraftübertragungselements KUE, einerseits eine bestimmte maximale Kraft sicher übertragen zu können, aber bei einem Überschreiten dieser maximalen Kraft (ggf. um einen bestimmten Sicherheitsfaktor erhöht) zu versagen und der weiteren Verformung keinen wesentlichen Widerstand mehr entgegenzusetzen, ist in Fig. 7 dargestellt.

Nach dem Überschreiten einer bestimmten maximalen Kraft F erfolgt die weitere Verformung bei einem wesentlich niedrigeren, im Verhältnis zur maximalen Kraft F praktisch vernachlässigbaren Kraftniveau. Erst wenn der konstruktiv vorgegebene maximale Verformungsweg aufgebraucht ist, das Kraftübertragungselement KUE also komplett gestaucht ist, tritt ein sehr steiler Kraftanstieg auf.

[0046] Fig.8 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Seitenansicht, Stufe 1 - unverformt.

[0047] Es ist eine Simulation der Kollision eines Schienenfahrzeugs mit angesetzter Verformungszone wie in Fig.5 gezeigt mit einer Lokomotive L dargestellt. Die Lokomotive L stellt einen massiven, im Wesentlichen unverformbaren und geometrisch inkompatiblen Kollisionsgegner dar. Die Schrägsäulen SS weisen senkrechte Abschnitte auf. Die Lokomotive L trifft auf einem Punkt oberhalb des Frontquerträgers FQT auf, sodass die plastische Verformung an dieser Stelle beginnt. Dieses Ausführungsbeispiel zeigt ein anderes Kraftübertragungselement KUE als in Fig.4 dargestellt.

[0048] Fig.9 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Seitenansicht, Stufe 2 - erste Verformungen. Zur Verdeutlichung der Abläufe des Verformungsvorgangs sind in den Fig.9 bis 12 alle Bezugszeichen entfallen. Die Verkleidung V stellt einer Verformung keinen nennenswerten Widerstand entgegen und ist bereits bei diesem geringen Verformungsweg zerstört. Die Schrägsäulen SS sind durch die Krafteinleitung an der Berührungsstelle mit der Lokomotive L teilweise gerade gerichtet, die Verformungselemente VE zeigen erste Verformungen und dissipieren die Verformungsenergie. Die Kraftübertragungselemente KUE sind noch formstabil.

[0049] Fig.10 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Seitenansicht, Stufe 3 - starke Verformungen. Durch die fortschreitende Verformung sind die Schrägsäulen SS gerade gerichtet und die dahinterliegenden Verformungselemente VE fast komprimiert. Bei dieser Verformungsstufe sind die Kraftübertragungselemente KUE bereits kollabiert, es zeigen sich erste Verformungen der Ecksäulen ES.

[0050] Fig.11 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Seitenansicht, Stufe 4 - sehr starke Verformungen. Die Verformungselemente VE sind vollständig aufgezehrt, es bilden sich starke Verformungen der Ecksäulen ES.

[0051] Fig.12 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Seitenansicht, Stufe 5 - extreme Verformungen. In dieser Stufe sind die Ecksäulen stark in Richtung des Wageninneren gebogen, das innere Verformungselement hat angesprochen und ist aufgezehrt.

[0052] Fig.13 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Schrägansicht, Stufe 1 - unverformt. Es ist das Szenario aus Fig.8 in einer Schrägansicht und in Längsrichtung mittig geschnitten dargestellt.

[0053] Fig.14 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Schrägansicht, Stufe 2- erste Verformungen. Schrägansicht des in Fig.9 dargestellten Szenarios

[0054] Fig.15 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Schrägansicht, Stufe 3- starke Verformungen. Schrägansicht des in Fig.10 dargestellten Szenarios

[0055] Fig.16 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Schrägansicht, Stufe 4- sehr starke Verformungen. Schrägansicht des in Fig.11 dargestellten Szenarios

[0056] Fig.17 zeigt eine Zusammenstoß-Computersimulation in Schrägansicht, Stufe 5- extreme Verformungen. Schrägansicht des in Fig.12 dargestellten Szenarios

Liste der Bezeichnungen

[0057]

EQT	Endquerträger
ES	Ecksäule
V	Verkleidung
VZ	Verformungszone
FQT	Frontquerträger
SS	Schrägsäule
VE	Verformungselement
KUE	Kraftübertragungselement
KS	Kollisionssäule
IVE	Inneres Verformungselement
F	Kraft
x	Verformungsweg
L	Lokomotive

Patentansprüche

1. Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone, umfassend wenigstens einen in einem stirnseitigen Bereich vorgesehenen Endquerträger (EQT) und im Wesentlichen senkrecht angeordnete, von dem Endquerträger (EQT) ausgehende Endsäulen (ES), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Verformungszone (VZ) stirnseitig vorgesehen ist, welche einen parallel zu dem Endquerträger (EQT) in stirnseitiger Richtung beabstandet angeordneten Frontquerträger (FQT) und mindestens ein Kraftübertragungselement (KUE) umfasst, wobei zwischen dem Endquerträger (EQT) und dem Frontquerträger (FQT) das mindestens eine Kraftübertragungselement (KUE) angeordnet ist, welches Längsdruckkräfte zwischen dem Endquerträger (EQT) und dem Frontquerträger (FQT) bis zu einem bestimmten Wert plastisch verformungsfrei überträgt und bei Überschreiten dieses bestimmten Werts versagt und welches aus aus x-förmig angeordneten Platten aufgebaut ist und wobei die Schnittlinie der x-förmig angeordneten Platten des Kraftübertragungselements (KUE) quer zur Fahrzeuglängsrichtung angeordnet ist.

2. Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszo-

ne gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Verformungselement (VE) vorgesehen ist, welches so angeordnet ist, dass die Verformung des mindestens einen Verformungselements (VE) erst nach dem Versagen des Kraftübertragungselements (KUE) eintritt.

3. Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Schrägsäule (SS) zwischen dem Frontquerträger (FQT) und einer Ecksäule (ES) angeordnet ist. 10
4. Schienenfahrzeug mit angesetzter Verformungszone gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Untergestell des Schienenfahrzeugs zwischen der Wagenmitte und einem Endquerträger (EQT) mit mindestens einem inneren Verformungselement (IVE) ausgestattet ist. 15
5. Schienenfahrzeug mit Verformungszone gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Verkleidung (V) vorgesehen ist, welche die Bauteile der Verformungszone (VZ) verkleidet. 20
6. Schienenfahrzeug mit Verformungszone gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verkleidung (V) aus einem Kunststoff gefertigt ist. 25
7. Schienenfahrzeug mit Verformungszone gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Verformungselement (VE) oder das mindestens eine innere Verformungselement (IVE) als Aluminiumwabenkonstruktion ausgeführt ist. 30
8. Schienenfahrzeug mit Verformungszone gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Verformungselement (VE) oder das mindestens eine innere Verformungselement (IVE) aus Metallschaum ausgeführt ist. 35
9. Schienenfahrzeug mit Verformungszone gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Verformungselement (VE) oder das mindestens eine innere Verformungselement (IVE) als rohrförmiges Profil ausgeführt ist. 40
10. Schienenfahrzeug mit Verformungszone gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungszone (VZ) an beiden Stirnseiten des Schienenfahrzeugs vorgesehen ist. 45

Claims

1. Rail vehicle having an attached deformation zone, comprising at least one end cross member (EQT) provided in a front end face area and end pillars (ES) disposed substantially at right angles, emanating from the end cross member (EQT), **characterised in that** a deformation zone (VZ) is provided on the end face side, which comprises a front cross member (FQT) disposed at a distance from the end cross member (EQT) and parallel thereto in the end face side direction and at least one force transmission element (KUE), wherein the at least one force transmission element (KUE) is disposed between the end cross member (EQT) and the front cross member (FQT), which transfers longitudinal compression forces plastically free from deformation between the end cross member (EQT) and the front cross member (FQT) up to a specific value and fails if this specific value is exceeded and which is constructed from plates disposed in a x shape and wherein the line of intersection of the plates disposed in an x shape of the force transmission element (KUE) is disposed transverse to the longitudinal direction of the vehicle. 5
2. Rail vehicle having an attached deformation zone according to claim 1, **characterised in that** at least one deformation element (VE) is provided, which is disposed so that the deformation of the at least one deformation element (VE) only occurs after the failure of the force transmission element (KUE). 10
3. Rail vehicle having an attached deformation zone according to claim 1 or 2, **characterised in that** at least one diagonal column (SS) is disposed between the front cross member (FQT) and a corner column (ES). 15
4. Rail vehicle having an attached deformation zone according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** subframe of the rail vehicle is equipped with at least one inner deformation element (IVE) of the rail vehicle between the centre of the wagon and an end cross member (EQT). 20
5. Rail vehicle having a deformation zone according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** a covering (V) is provided which covers the components of the deformation zone (VZ). 25
6. Rail vehicle having a deformation zone according to claim 5, **characterised in that** the bodywork (V) is made of a plastic. 30
7. Rail vehicle having a deformation zone according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the at least one deformation element (VE) or the at least one inner deformation element (IVE) is designed as 35

an aluminium honeycomb construction.

8. Rail vehicle having a deformation zone according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the at least one deformation element (VE) or the at least one inner deformation element (IVE) is designed as a metal foam.
9. Rail vehicle having a deformation zone according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the at least one deformation element (VE) or the at least one inner deformation element (IVE) is designed as a tubular profile.
10. Rail vehicle having a deformation zone according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** the deformation zone (VZ) is provided on both end face sides of the rail vehicle.

Revendications

1. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée, comprenant au moins une traverse d'extrémité (EQT) prévue dans une région du côté frontal et des colonnes d'extrémité (ES) partant de la traverse d'extrémité (EQT) et disposées essentiellement verticalement, **caractérisé en ce qu'il** est prévu du côté frontal une zone de déformation (VZ), qui comprend une traverse avant (FQT) disposée parallèlement à la traverse d'extrémité (EQT) à distance en direction du côté frontal et au moins un élément de transmission de force (KUE), dans lequel ledit au moins un élément de transmission de force (KUE) est disposé entre la traverse d'extrémité (EQT) et la traverse avant (FQT), élément qui transmet des forces de compression longitudinales entre la traverse d'extrémité (EQT) et la traverse avant (FQT) sans déformation plastique jusqu'à une valeur déterminée et qui cède en cas de dépassement de cette valeur déterminée et qui est construit à partir de plaques disposées en forme de X et dans lequel la ligne d'intersection des plaques disposées en forme de X de l'élément de transmission de force (KUE) est disposée transversalement à la direction longitudinale du véhicule.
2. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est prévu au moins un élément de déformation (VE), qui est disposé de telle manière que la déformation dudit au moins un élément de déformation (VE) ne se produise qu'après la ruine de l'élément de transmission de force (KUE).
3. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'au** moins une colonne oblique (SS) est disposée

entre la traverse avant (FQT) et une colonne d'angle (ES).

4. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le châssis du véhicule ferroviaire est équipé d'au moins un élément de déformation intérieur (IVE) entre le milieu du wagon et une traverse d'extrémité (EQT).
5. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un habillage (V), qui habille les composants de la zone de déformation (VZ).
6. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'habillage (V) est fabriqué en une matière plastique.
7. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ledit au moins un élément de déformation (VE) ou ledit au moins un élément de déformation intérieur (IVE) est configuré sous la forme d'une structure en nid d'abeilles en aluminium.
8. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ledit au moins un élément de déformation (VE) ou ledit au moins un élément de déformation intérieur (IVE) est réalisé sous forme de mousse métallique.
9. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ledit au moins un élément de déformation (VE) ou ledit au moins un élément de déformation intérieur (IVE) est configuré sous forme de profilé tubulaire.
10. Véhicule ferroviaire à zone de déformation rapportée selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la zone de déformation (VZ) est prévue aux deux extrémités frontales du véhicule ferroviaire.

FIG 1

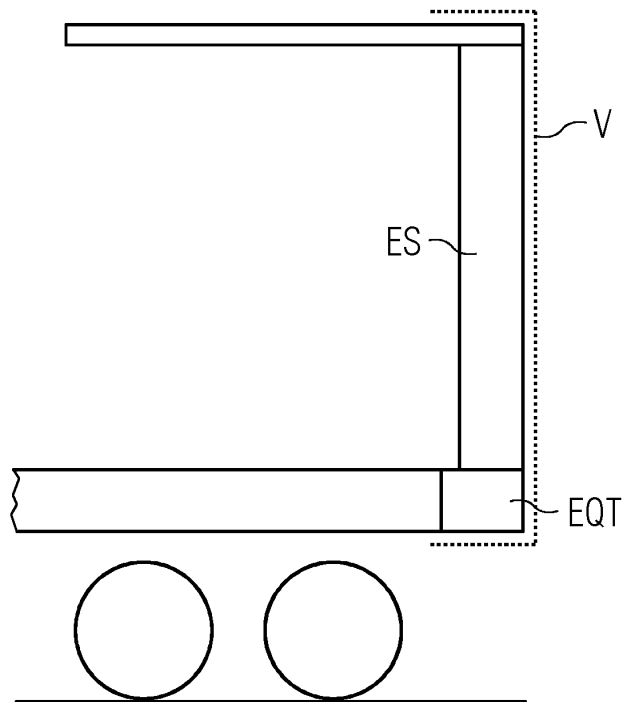


FIG 2

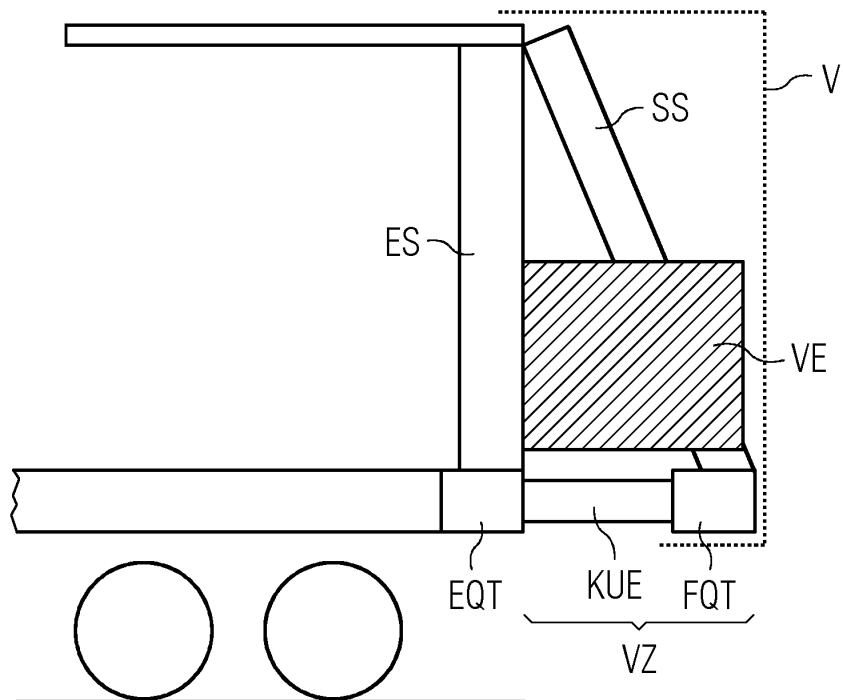


FIG 3

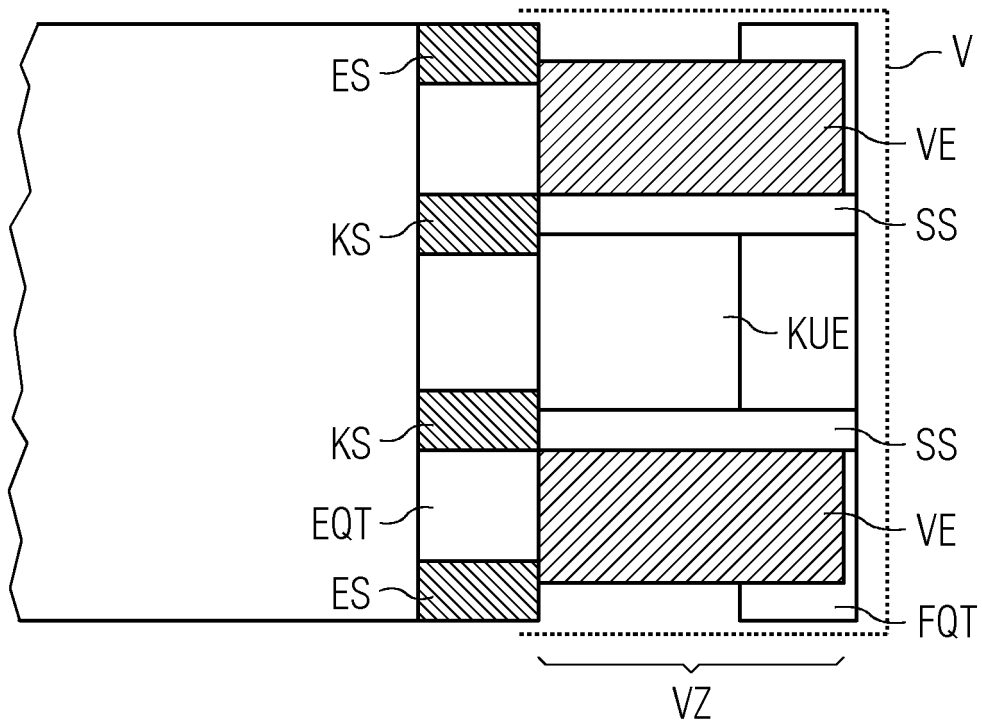


FIG 4

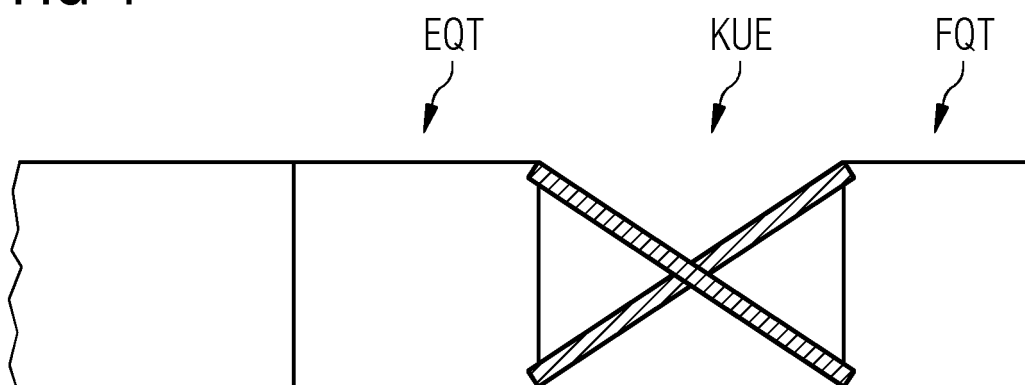


FIG 5

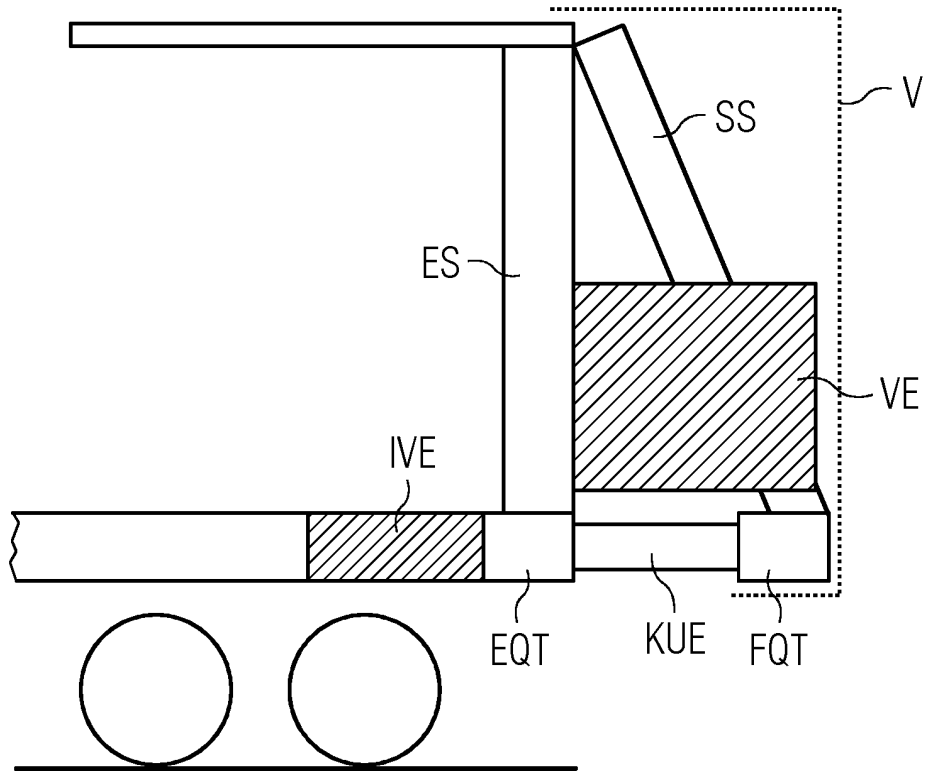


FIG 6

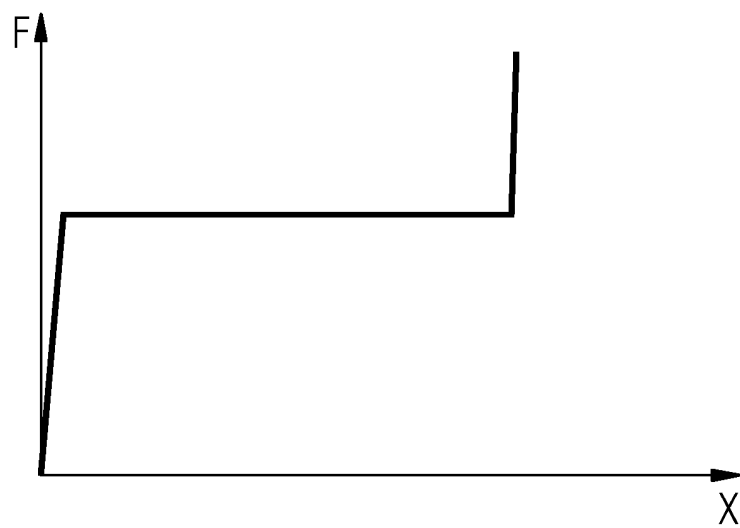


FIG 7

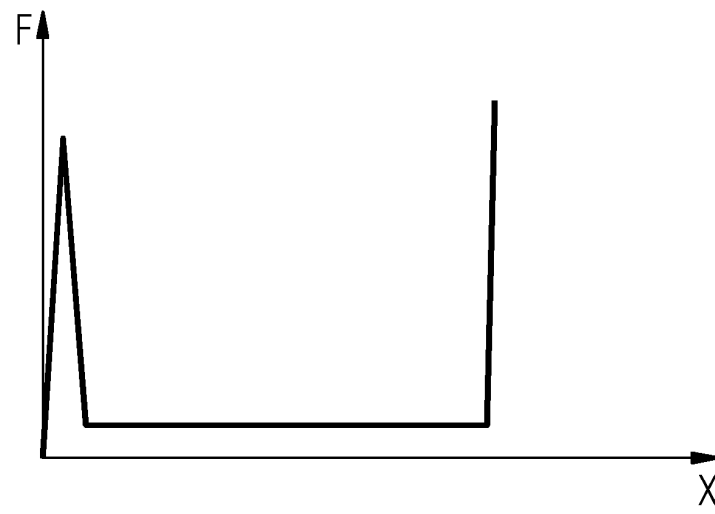


FIG 8

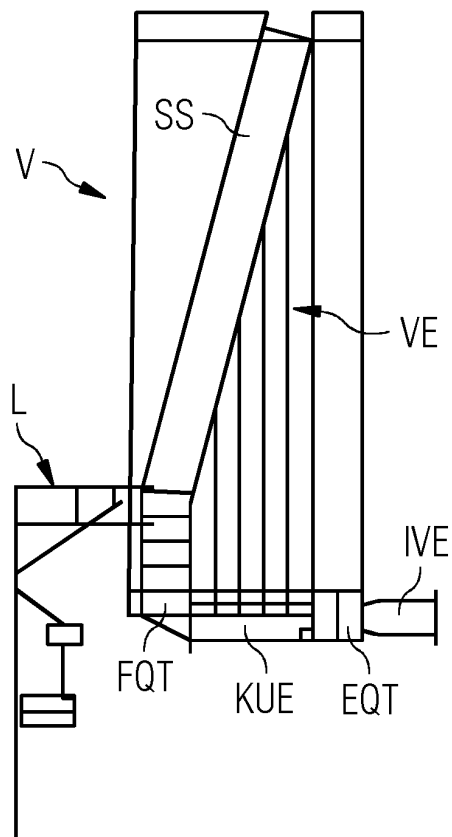


FIG 9

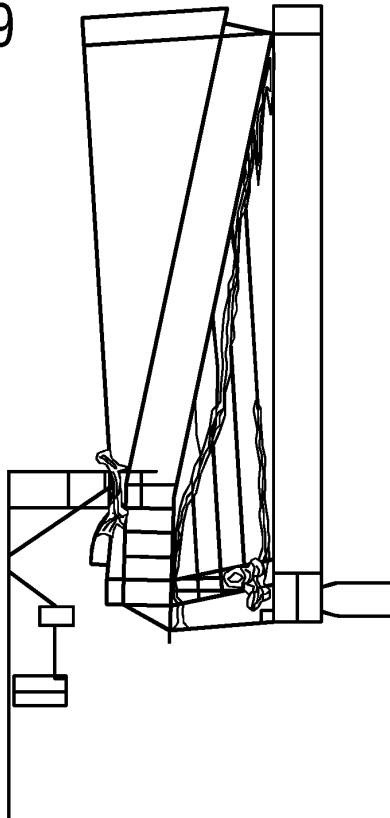


FIG 10

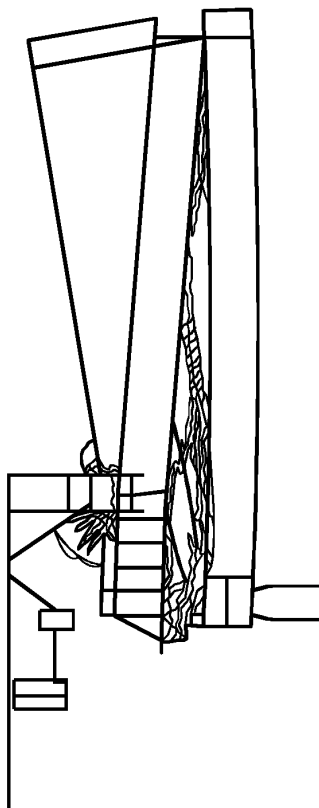


FIG 11

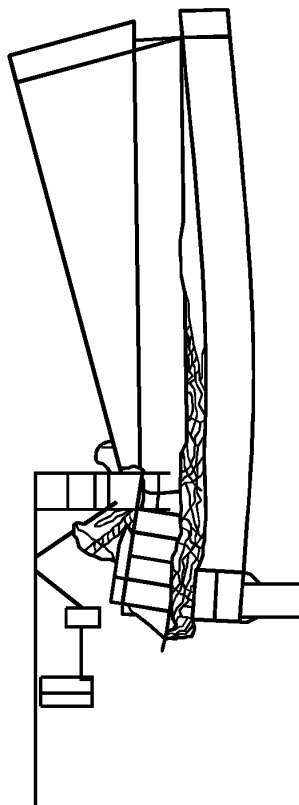


FIG 12

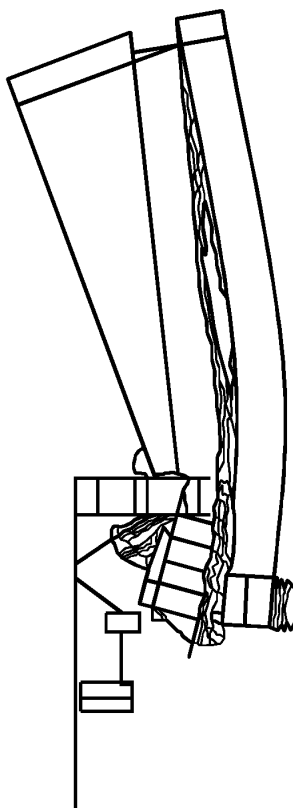


FIG 13

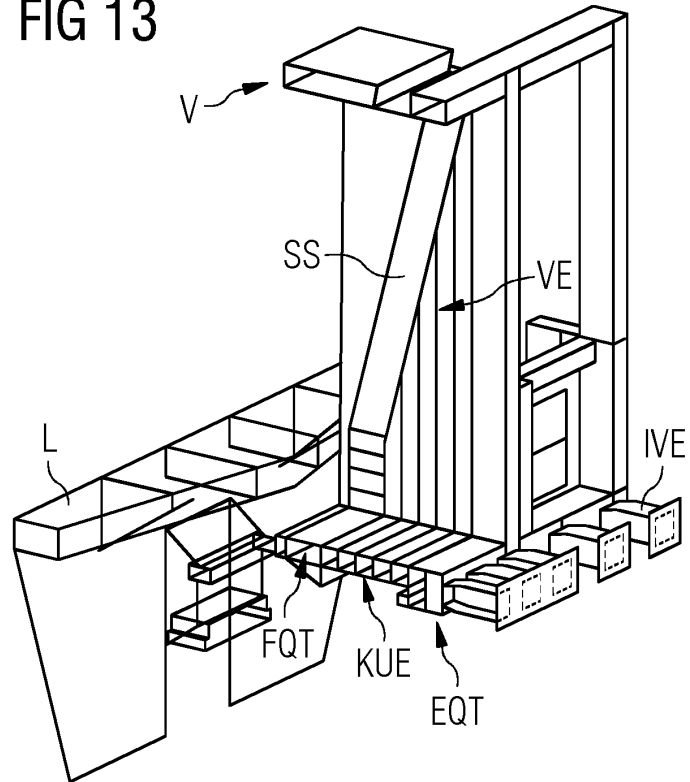


FIG 14

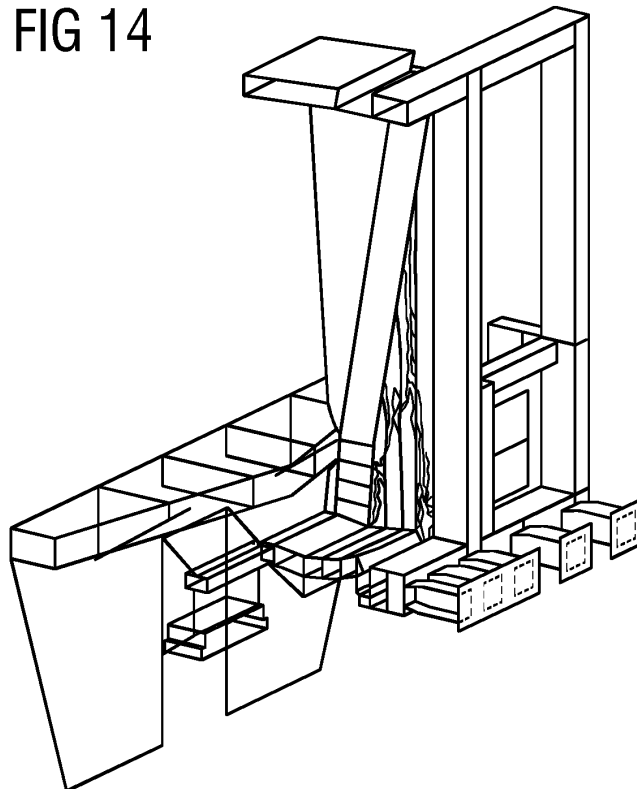


FIG 15

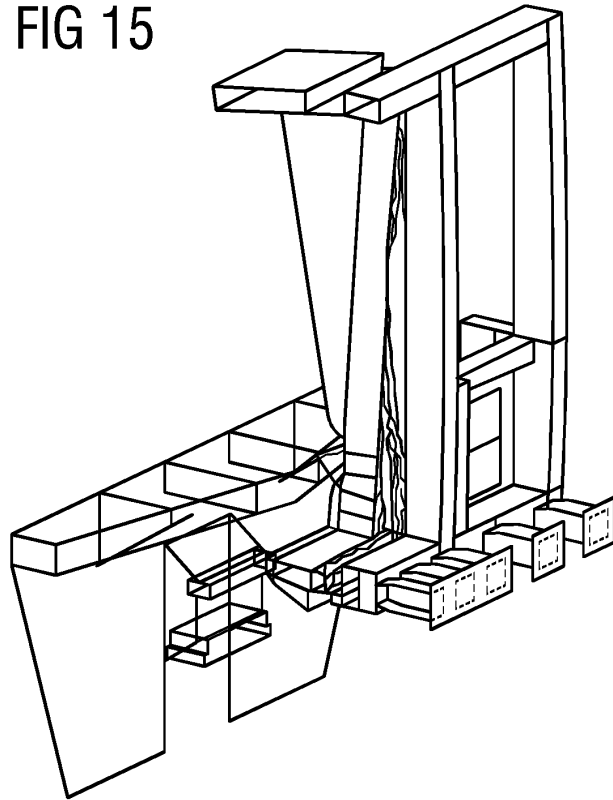


FIG 16

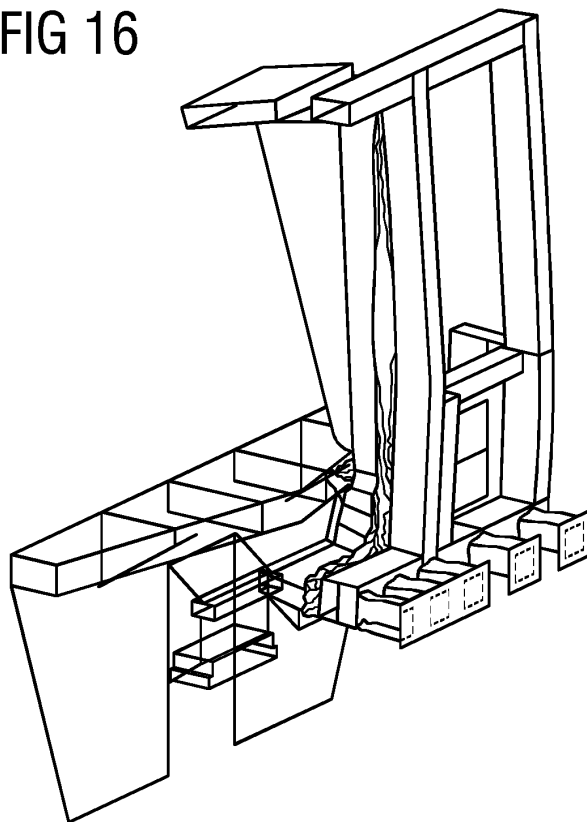
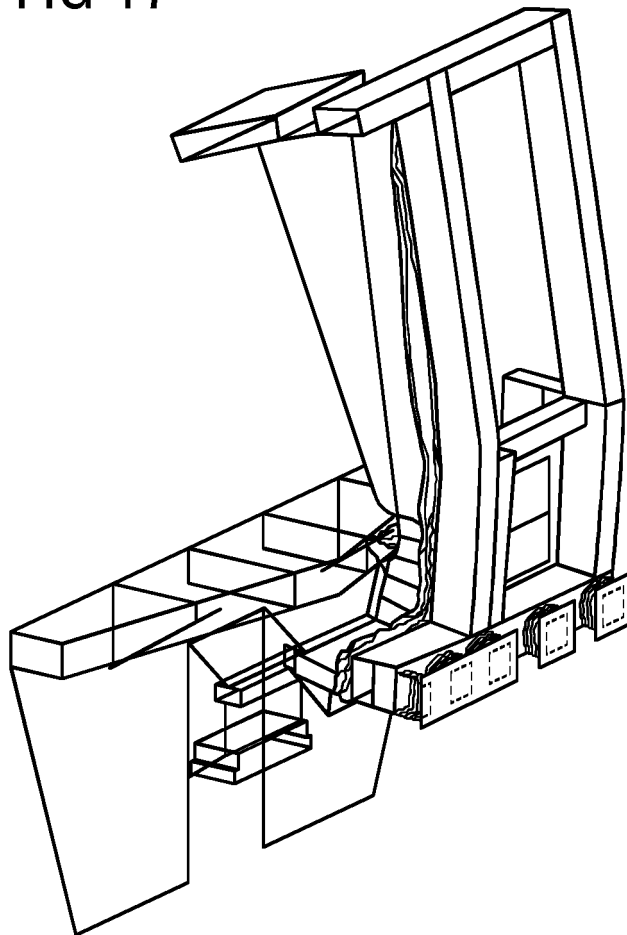


FIG 17



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5579699 A [0008]
- US 2007261591 A1 [0008]
- EP 1215098 A [0008]