



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 219 077.5**
 (22) Anmeldetag: **19.10.2012**
 (43) Offenlegungstag: **10.04.2014**

(51) Int Cl.: **B60R 16/03 (2006.01)**
B60L 1/00 (2006.01)

(66) Innere Priorität:
10 2012 019 636.9 08.10.2012

(72) Erfinder:
Bonaventura, Stefan Di, 91186, Büchenbach, DE;
Steinhauer, Gerhard, 47877, Willich, DE

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:
DE 10 2010 028 004 A1
DE 10 2011 008 376 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Verteilung einer elektrischen Leistung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verteilung einer elektrischen Leistung über eine Vielzahl von Verbrauchereinheiten (14.1–14.8) eines Schienenfahrzeugs (10).

Um ein derartiges Verfahren bereitzustellen, bei welchem der Anpassungsaufwand bei einer Konfigurationsänderung des Schienenfahrzeugs vermindert werden kann, wird vorgeschlagen, dass

- das Schienenfahrzeug (10) in einer Gruppe von Abschnitten (12.1–12.7) unterteilt ist, wobei zumindest eine Leistungsversorgungseinheit (16) für die Gruppe vorgesehen ist und die Abschnitte (12.1–12.7) paarweise durch einen Abschnittsübergang (20) miteinander verbunden sind, über welchen eine Leistungsübertragung herstellbar ist,

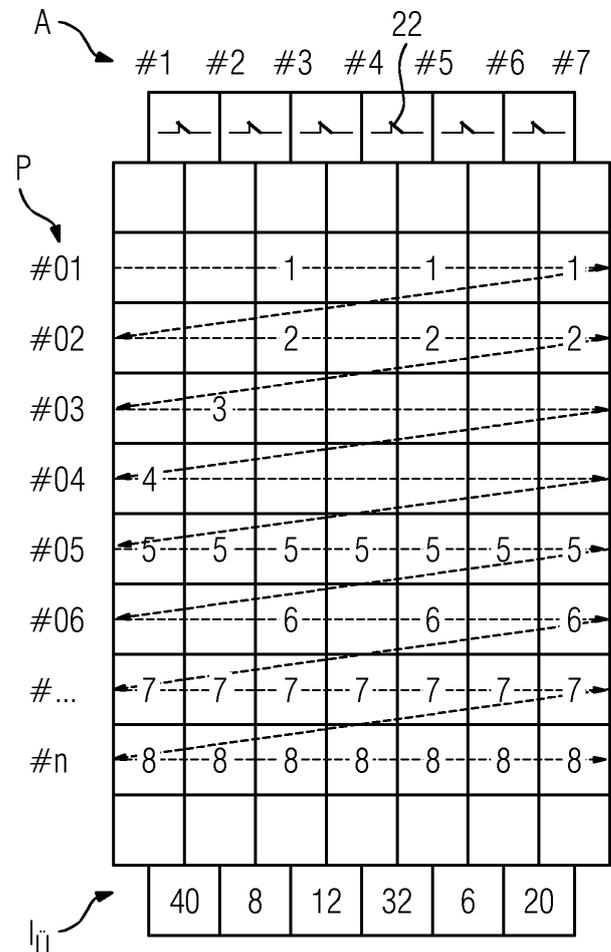
- eine Gruppe von Verteilungsprioritäten definiert ist und den Verbrauchereinheiten (14.1–14.8) jeweils eine Verteilungspriorität zugewiesen ist,

- die Verbrauchereinheiten (14.1–14.8) mittels einer Abschnittskenngröße (A) als einem Abschnitt (12.1–12.7) zugeordnet und mittels einer Prioritätskenngröße (P) einer Verteilungspriorität zugewiesen gekennzeichnet sind,

- in einem Erteilungsvorgang eine für eine Verbrauchereinheit (14.1–14.8) zu erteilende Leistung in Abhängigkeit eines Leistungsbedarfs, einer zur Verfügung stehenden Leistung und der zugewiesenen Verteilungspriorität ermittelt wird,

- in einem Abschnittsdurchlauf Erteilungsvorgänge für einen gegebenen Wert der Prioritätskenngröße (P) und die Werte der Abschnittskenngröße (A), die zumindest einer Untergruppe der Gruppe von Abschnitten zugeordnet sind, ausgeführt werden und

- ein Prioritätsdurchlauf, in welchem ein Abschnittsdurchlauf für die Werte der Prioritätskenngröße (P), die zumindest einer Untergruppe der Gruppe von Verteilungsprioritäten zugeordnet sind, ausgeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verteilung einer elektrischen Leistung über eine Vielzahl von Verbrauchereinheiten eines Schienenfahrzeugs.

[0002] In bekannten Schienenfahrzeugen wird eine elektrische Leistung über eine entlang des Fahrzeugs verlegte Leistungsversorgungsleitung – in der fachmännischen Sprache auch „Zugsammelschiene“ genannt – verteilt, an welche elektrische Verbraucher angeschlossen sind. Diese Leistungsversorgungsleitung wird durch mehrere Leistungsversorgungseinrichtungen mit elektrischer Leistung gespeist. Die Leistungsversorgungseinrichtungen beziehen die elektrische Energie von einer Energiequelle, die von einer Bahnnetzleitung oder einem Generator des Schienenfahrzeugs gebildet ist, und dienen herkömmlicherweise dazu, aus dieser verfügbaren Energie eine elektrische Leistung durch Erzeugung eines elektrischen Signals mit an den Leistungsbedarf angepassten Eigenschaften. Üblicherweise sind die Leistungsversorgungseinrichtungen von Umrichtern gebildet.

[0003] Bei einem Ausfall einer Leistungsversorgungseinrichtung kann die benötigte Verbraucherleistung die verfügbare Versorgungsleistung übersteigen. Hierbei ist eine Steuerung der Verbraucher notwendig, damit die Einspeisestellen, an welchen die Leistungsversorgungsleitung an die übrigen Leistungsversorgungseinrichtungen angeschlossen ist, nicht überlastet werden.

[0004] Für eine feste Konfiguration, d.h. eine feste Zusammenstellung eines Schienenfahrzeugs und eine feste Anzahl von Verbrauchern, sind bereits Ausfallszenarien vorgeschlagen worden, in welchen – entsprechend der momentan verfügbaren Leistung – bestimmte Verbraucher abgeschaltet werden, damit der Leistungsbedarf die Leistungsversorgungsleitung nicht überlastet.

[0005] Diese Steuerung hängt von der jeweiligen Konfiguration und von den möglichen Ausfallszenarien ab, wodurch ein entsprechender Anpassungsaufwand bei einer Konfigurationsänderung entsteht. Dieser Aufwand ist insbesondere mit folgenden Konfigurationsänderungen verbunden: Geänderte Anzahl von Wagen, Änderung des Wagentyps, geänderte Anzahl von Verbrauchern, Tausch von Verbrauchern durch Verbraucher mit anderen Leistungswerten, Änderung der Aufteilung der Leistungsversorgungsleitung usw.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verteilung einer elektrischen Leistung über eine Vielzahl von Verbrauchereinheiten eines Schienenfahrzeugs bereitzustellen, bei welchem der Anpassungsaufwand bei einer Konfigurationsän-

derung des Schienenfahrzeugs vermindert werden kann.

[0007] Hierzu wird vorgeschlagen, dass

- das Schienenfahrzeug in einer Gruppe von Abschnitten unterteilt ist, wobei zumindest eine Leistungsversorgungseinheit für die Gruppe vorgesehen ist und die Abschnitte paarweise durch einen Abschnittsübergang miteinander verbunden sind, über welchen eine Leistungsübertragung herstellbar ist,
- eine Gruppe von Verteilungsprioritäten definiert ist und den Verbrauchereinheiten jeweils eine Verteilungspriorität zugewiesen ist,
- die Verbrauchereinheiten mittels einer Abschnittskenngröße als einem Abschnitt zugeordnet und mittels einer Prioritätskenngröße einer Verteilungspriorität zugewiesen gekennzeichnet sind,
- in einem Erteilungsvorgang eine für eine Verbrauchereinheit zu erteilende Leistung in Abhängigkeit eines Leistungsbedarfs, einer zur Verfügung stehenden Leistung und der zugewiesenen Verteilungspriorität ermittelt wird,
- in einem Abschnittsdurchlauf Erteilungsvorgänge für einen gegebenen Wert der Prioritätskenngröße und die Werte der Abschnittskenngröße, die zumindest einer Untergruppe der Gruppe von Abschnitten zugeordnet sind, ausgeführt werden und
- ein Prioritätsdurchlauf, in welchem ein Abschnittsdurchlauf für die Werte der Prioritätskenngröße, die zumindest einer Untergruppe der Gruppe von Verteilungsprioritäten zugeordnet sind, ausgeführt wird.

[0008] Es kann dadurch erreicht werden, dass dem Leistungsverteilungsprozess eine vorteilhafte Abbildung der gesamten Anordnung der Verbrauchereinheiten im Schienenfahrzeug zugrunde liegt. Bei einer Konfigurationsänderung des Schienenfahrzeugs kann sich der Anpassungsaufwand für den Leistungsverteilungsprozess vorteilhafterweise auf die Anpassung dieser Abbildung beschränken, wobei anderweitige Änderungen von Prozessschritten, die von dieser Abbildung ausgehen, weitestgehend vermieden werden können. Mit der bevorzugten Verwendung von zwei Attributen für diese Abbildung in der Form der Zuordnung einer Verbrauchereinheit zu einem Abschnitt des Schienenfahrzeugs und einer zugewiesenen Verteilungspriorität kann eine einfache Abbildung in Matrixform bereitgestellt werden. Eine Konfigurationsänderung des Schienenfahrzeugs insbesondere hinsichtlich der Anzahl von Abschnitten und der Anzahl von Verbrauchereinheiten unterschiedlicher Typen wird vorteilhafterweise durch eine Erweiterung oder Teilung der Matrix abgebildet, wobei der Konfigurationsänderung eine betrieblich bedingte Änderung oder eine störungsbedingte Änderung zugrunde liegen kann. Außerdem kann eine ver-

besserte Ausnutzung vorhandener Leistungsreserven erreicht werden.

[0009] Die Verbrauchereinheiten sind insbesondere an eine fahrzeugweit verlegte Leistungsversorgungsleitung, auch „Zugsammelschiene“ genannt, angeschlossen, in welche die zumindest eine Leistungsversorgungseinheit Leistung einspeist. Die Leistungsübertragung von der Leistungsversorgungseinheit zu den Verbrauchereinheiten ggf. über die Abschnittsübergänge erfolgt demnach zweckmäßigerweise über die Zugsammelschiene.

[0010] Unter einer „Verbrauchereinheit“ soll insbesondere ein elektrischer Verbraucher oder ein Satz von elektrischen Verbrauchern verstanden werden, die hinsichtlich ihrer Funktion im Wesentlichen identisch zueinander ausgebildet sind.

[0011] Unter der „Erteilung“ einer Leistung soll insbesondere verstanden werden, dass der jeweiligen Verbrauchereinheit eine Leistungskenngröße zugewiesen wird. Diese Leistungskenngröße kann eine Leistung oder eine Kenngröße sein, die eine Leistung vorgibt. Beispielsweise kann eine Leistungskenngröße unter der Form eines elektrischen Stroms zugewiesen werden. Die in einem Erteilungsvorgang erteilte Leistung kann dem Leistungsbedarf, welcher vorzugsweise von der Verbrauchereinheit gemeldet wird, entsprechen oder kleiner sein. Insbesondere kann die erteilte Leistung einer Nullleistung entsprechen, die einem Ausschaltbefehl für eine betriebene Verbrauchereinheit und einer Startsperrung für eine sich noch nicht im Betrieb befindende Verbrauchereinheit entspricht.

[0012] Die erteilte Leistung hängt von der jeweiligen Verteilungspriorität und von einer zur Verfügung stehenden Leistung ab. Diese berücksichtigt insbesondere die gesamte Leistung, die von der zumindest einen Leistungsversorgungseinheit bereit gestellt werden kann, und die Summe der in vorherigen Erteilungsvorgängen erteilten Leistungen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren zur Leistungsverteilung, in welchen eine Leistungsanpassung auf der Basis von vorbestimmten Anwendungsszenarien erfolgt, werden mit dem vorgeschlagenen Verfahren Verbrauchereinheiten insbesondere nur dann eingeschränkt, wenn der gesamte Leistungsbedarf der gleichzeitig betriebenen Verbrauchereinheiten die gesamte Leistungsversorgung übersteigt.

[0013] Der Prioritätsdurchlauf wird vorzugsweise mehrmals während eines Betriebs der Verbrauchereinheiten ausgeführt. Hierdurch kann eine regelmäßige Anpassung der Leistungsverteilung an einen veränderlichen Leistungsbedarf erfolgen. Wenn Verbrauchereinheiten nicht ständig einen Leistungsbedarf haben oder der Leistungsbedarf einer Verbrauchereinheit nicht konstant ist, kann mit einer

mehrmaligen, insbesondere regelmäßigen Ausführung des Prioritätsdurchlaufs eine frei gewordene Leistung schnell und effizient neu verteilt werden.

[0014] In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung wird vorgeschlagen, dass im Erteilungsvorgang die Ermittlung der zu erteilenden Leistung von einer Kenngröße für eine Übergangsleistung an zumindest einem Abschnittsübergang abhängt. Es kann hierdurch bei der Leistungsverteilung die Belastbarkeit der Zugsammelschiene vorteilhaft berücksichtigt werden. Hiermit kann eine Einsparung bei der Auslegung der Zugsammelschiene erreicht werden, da die maximale Belastung der Zugsammelschiene vorteilhaft mit der lokalen Erteilung an die Verbrauchereinheiten geregelt werden kann. Durch diese Regelung können außerdem die Fälle einer Trennung der Zugsammelschiene, z.B. durch Auslösen von Sicherungen, weitestgehend vermieden werden, wobei die Verfügbarkeit des Schienenfahrzeugs erhöht werden kann. Die Kenngröße kann auf der Basis der erteilten Leistungen ermittelt werden und/oder sie kann mittels Sensoren, wie z.B. Stromsensoren, erfasst werden.

[0015] Die Unterteilung des Schienenfahrzeugs in verschiedenen Abschnitten kann auf verschiedene Arten erfolgen, wobei die Abschnitte durch logische oder physikalische Trennungen begrenzt werden können. Weist das Schienenfahrzeug mehrere Wagen auf, kann ein Abschnitt von einem Wagenteil, einem Satz von mehreren Wagenteilen, mehreren Wagen usw. gebildet sein. Eine vorteilhafte Abbildung hinsichtlich der Zusammenstellung des Schienenfahrzeugs kann jedoch erreicht werden, wenn die Abschnitte jeweils einem unterschiedlichen Wagen entsprechen.

[0016] Vorzugsweise werden bei dem Prioritätsdurchlauf sukzessive Abschnittsdurchläufe mit absteigender Verteilungspriorität ausgeführt. Hierdurch kann der Leistungsbedarf von Verbrauchereinheiten höherer Verteilungsprioritäten einfach und systematisch berücksichtigt werden. Eine Nullleistung wird insbesondere dann Verbrauchereinheiten mit niedriger Verteilungspriorität vergeben, wenn aufgrund vorheriger Leistungserteilungen an Verbrauchereinheiten höherer Verteilungsprioritäten zu wenig oder keine Leistung zur Verfügung steht.

[0017] Bei einem Prioritätsdurchlauf werden zweckmäßigerweise unterschiedliche Paare von Werten der Prioritätskenngröße und der Abschnittskenngröße abgetastet und vorzugsweise für jedes dieser Paare ein Erteilungsvorgang ausgeführt.

[0018] Gemäß einem Verteilungsmodus werden bei dem Prioritätsdurchlauf die Erteilungsvorgänge der Abschnittsdurchläufe für die Werte der Abschnittskenngröße ausgeführt, die der Gruppe von Abschnit-

ten zugeordnet sind. Hierdurch kann eine Leistungsverteilung für alle Abschnitte des Schienenfahrzeugs erfolgen. Dieser Modus eignet sich insbesondere für einen normalen Betrieb des Schienenfahrzeugs mit einer fehlerfreien Leistungsversorgung und einer unterbrechungsfreien Leistungsübertragung an den Abschnittübergängen.

[0019] In diesem Verteilungsmodus werden bei dem Prioritätsdurchlauf die Abschnittsdurchläufe vorzugsweise für die Werte der Prioritätskenngröße ausgeführt, die der Gruppe von Verteilungsprioritäten zugeordnet sind, wodurch ein systematisches Abtasten aller Paare der Prioritätskenngröße und der Abschnittskenngröße und ein Erteilungsvorgang für alle Verbrauchereinheiten erfolgen.

[0020] Gemäß einem weiteren Verteilungsmodus ist das Schienenfahrzeug in zumindest zwei Untergruppen von gekoppelten Abschnitten unterteilt und ein Prioritätsdurchlauf wird für zumindest eine der Untergruppen ausgeführt. Hierdurch kann eine vorteilhafte Anpassung der Leistungsverteilung an eine fehlerbedingte und/oder betriebsbedingte Unterteilung des Schienenfahrzeugs erreicht werden.

[0021] Der Unterteilung des Schienenfahrzeugs kann eine physikalische oder eine logische Trennung zugrunde liegen. Gemäß einem ersten Anwendungsfall verhindert ein Trennmittel eine Leistungsübertragung zwischen den Untergruppen, wobei eine unterschiedliche Leistungsversorgungseinheit für jede der Untergruppen vorgesehen ist und ein Prioritätsdurchlauf für jede Untergruppe ausgeführt wird. Hierdurch kann das Schienenfahrzeug hinsichtlich der Leistungsversorgung in zwei autarken Versorgungsbereichen getrennt werden, die jeweils zumindest von einer unterschiedlichen Leistungsversorgungseinheit versorgt werden. Das Trennmittel kann insbesondere als ein Schaltelement ausgeführt sein, welches an einem Abschnittübergang angeordnet ist.

[0022] In einem weiteren Anwendungsfall kann der Unterteilung des Schienenfahrzeugs eine fehlerhafte Leistungsversorgung zugrunde liegen. In diesem Anwendungsfall wird vorgeschlagen, dass Kenngrößen für die Übergangsleistung über Abschnittübergänge erfasst werden, eine Bedingung für eine kritische Übergangsleistung vorgegeben ist und bei Eintritt der Bedingung an einem Abschnittübergang folgende Schritte ausgeführt werden:

- logische Unterteilung des Schienenfahrzeugs in zwei Untergruppen von Abschnitten beidseitig des Abschnittübergangs,
- Erfassung einer Kenngröße, die von der den Untergruppen jeweils zugewiesenen Leistung abhängt,
- in der Untergruppe, welcher die größte Leistung zugewiesen ist, Ausführung eines Prioritätsdurch-

laufs, bei welchem sukzessive Abschnittsdurchläufe mit aufsteigender Verteilungspriorität ausgeführt werden und den entsprechenden Verbrauchereinheiten Leistung entzogen wird.

[0023] Hierbei erfolgt ein Prioritätsdurchlauf vorteilhafterweise für die Werte der Abschnittskenngröße, die den Abschnitten der Untergruppe von Abschnitten entsprechen, in welcher die größte Leistung bezogen wird. Es kann in dieser Untergruppe ein Durchlauf der Verbrauchereinheiten beginnend mit den niedrigsten Verteilungsprioritäten erfolgen, bei dem den Verbrauchereinheiten insbesondere eine Nullleistung erteilt wird. Nach jedem Erteilungsvorgang bzw. Leistungsentzug wird vorzugsweise zumindest die Kenngröße für die Übergangsleistung am Abschnittübergang, an welchem die Bedingung eingetreten ist, erfasst, wobei der Prioritätsdurchlauf zweckmäßigerweise gestoppt wird, wenn die Übergangsleistung unterhalb des kritischen Werts reduziert wird. Das vorgeschlagene Verfahren eignet sich insbesondere für ein Schienenfahrzeug, in welchem die Gruppe von Abschnitten durch mehrere Leistungsversorgungseinheiten versorgt wird. Bei dem Ausfall einer Leistungsversorgungseinheit bzw. einer Verminderung der von dieser bereitgestellten Leistung können erhöhte Leistungsübertragungen an Abschnittübergängen eintreten. Durch das vorgeschlagene Verfahren kann eine dauerhafte, lokale Überlastung der Zugsammelschiene an einem Abschnittübergang vorteilhaft vermieden werden.

[0024] Die Erfindung betrifft ferner ein Schienenfahrzeug mit einer Gruppe von Abschnitten, mit zumindest einer Leistungsversorgungseinheit, die zur Versorgung der Gruppe vorgesehen ist, wobei die Abschnitte paarweise durch einen Abschnittübergang miteinander verbunden sind, über welchen eine Leistungsübertragung herstellbar ist, mit Verbrauchereinheiten, die jeweils einem der Abschnitte zugeordnet sind, und mit einer Steuereinheit, welche mit der Leistungsversorgungseinheit und den Verbrauchereinheiten verbunden ist und zur Ausführung des Verfahrens gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungen vorgesehen ist. Bezüglich der vorteilhaften Wirkungen dieser Merkmalkombination wird – um unnötige Wiederholungen zu vermeiden – auf die obigen Ausführungen bezüglich des Verfahrens verwiesen.

[0025] Es werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0026] Fig. 1: ein Schienenfahrzeug mit Verbrauchereinheiten, die mittels einer Zugsammelschiene versorgt werden,

[0027] Fig. 2: eine zur Leistungsverteilung vorgesehene Abbildung der Verbrauchereinheiten in Matrixform gemäß einer Zugehörigkeit zu einem Abschnitt

des Schienenfahrzeugs und einer Verteilungspriorität,

[0028] Fig. 3: das Schienenfahrzeug aus Fig. 1 bei einem Ausfall einer Leistungsversorgungseinheit,

[0029] Fig. 4: die Abbildung aus Fig. 2 im Anwendungsfall der Fig. 3 und

[0030] Fig. 5: die Abbildung aus Fig. 2 bei getrennter Zugsammelschiene.

[0031] Fig. 1 zeigt ein Schienenfahrzeug **10** in einer schematischen Seitenansicht. Dieses weist eine Vielzahl von miteinander gekoppelten Wagen auf. Das Schienenfahrzeug **10** ist im betrachteten Ausführungsbeispiel als Triebzug für den Transport von Passagieren ausgebildet, bei welchem Antriebselemente in zumindest einem der Wagen angeordnet sind. Alternativ kann das Schienenfahrzeug **10** als ein lokbespannter Zug ausgebildet sein.

[0032] Jeder Wagen wird als Abschnitt **12.1** bis **12.7** des Schienenfahrzeugs **10** bezeichnet, wobei ein Abschnitt **12** von einem Wagen gebildet ist. Es sind weitere Unterteilungen des Schienenfahrzeugs **10** in einer Gruppe von Abschnitten **12** denkbar, bei welchen ein Abschnitt von mehreren Wagen, von einer Wagenhälfte oder einem Paar von Wagenhälften unterschiedlicher Wagen gebildet ist.

[0033] Das Schienenfahrzeug **10** weist eine elektrische Ausrüstung mit einer Vielzahl von elektrischen Verbrauchereinheiten **14.1** bis **14.8** auf, die im Schienenfahrzeug **10** verteilt sind. Die Verbrauchereinheiten **14** sind der Übersichtlichkeit halber im unteren Teil der Fig. 1 unter dem jeweiligen Abschnitt **12**, in welchem sie angeordnet sind, dargestellt. Die Verbrauchereinheiten **14.1**, **14.2** usw. unterscheiden sich insbesondere durch ihre Funktion bzw. durch ihren Typ voneinander. Zur Versorgung der Verbrauchereinheiten **14** mit elektrischer Leistung ist das Schienenfahrzeug **10** mit Leistungsversorgungseinheiten **16** versehen, die ebenfalls im Schienenfahrzeug **10** verteilt sind. Die Leistungsversorgungseinheiten **16** sind in der betrachteten Ausführung jeweils in einem unterschiedlichen Abschnitt **12** bzw. Wagen angeordnet. Bei der oben genannten Ausführungsvariante des Schienenfahrzeugs **10** als lokbespannter Zug kann die zumindest eine für die Versorgung des Schienenfahrzeugs **10** notwendige Leistungsversorgungseinheit **16** in der Lokomotive angeordnet sein.

[0034] In der betrachteten Ausführung sind die Verbrauchereinheiten **14** sogenannte Hilfsbetriebe des Schienenfahrzeugs **10**, die insbesondere in der folgenden Gruppe von elektrischen Verbrauchern gewählt sind: Luftkompressor (**14.3**), Batterieladegerät (**14.4**), Klimaanlage in einem Heiz-, Lüftungs- oder Kühlmodus (**14.7**, **14.5** bzw. **14.8**), Transformator-

und/oder Stromrichterlüfter mit niedriger oder hoher Stufe (**14.2** bzw. **14.6**) oder Transformator- und/oder Stromrichterlüfterpumpe (**14.1**).

[0035] Die Leistungsversorgungseinheiten **16** sind insbesondere als Hilfsbetriebeumrichter ausgebildet, die einen Drehstrom erzeugen, welcher über eine Zugsammelschiene **18** über das gesamte Schienenfahrzeug **10** verteilt wird, wie im mittleren Teil der Fig. 1 schematisch dargestellt. Es wird mit der Zugsammelschiene **18** eine fahrzeugweite Leistungsversorgungsleitung bereitgestellt, indem die Abschnitte **12** paarweise durch einen Abschnittsübergang **20** miteinander verbunden sind, über welchen eine Leistungsübertragung zwischen zwei benachbarten Abschnitten **12** herstellbar ist. Die Leistungsübertragung zwischen zwei gekoppelten Abschnitten **12** kann durch ein Trennmittel **22**, z.B. in der Form einer Schütze, unterbrochen werden. Die Leistungsversorgungseinheiten **16** sind an unterschiedlichen Leistungseinspeisungspunkten **19**, die im Schienenfahrzeug **10** bzw. entlang der Zugsammelschiene **18** verteilt angeordnet sind, zur Einspeisung einer elektrischen Leistung in die Zugsammelschiene **18** an diese angeschlossen. Eine Kenngröße für die in die Zugsammelschiene **18**, von der Leistungsversorgungseinheiten **16** eingespeiste Leistung stellt ein Einspeisestrom I_E an den Einspeisepunkten **19** dar. Außerdem ist eine weitere Kenngröße I_U für eine Übergangsleistung, die zwischen den Abschnitten **12** an den Abschnittsübergängen **20** übertragen wird, dargestellt. Die Kenngröße I_U entspricht einem Übergangstrom. Des Weiteren ist eine Kenngröße I_A für die von den Verbrauchereinheiten **14** eines bestimmten Abschnitts **12** bezogene Leistung gezeigt. Diese Kenngröße I_A entspricht ebenfalls einem elektrischen Strom.

[0036] Jede Verbrauchereinheit **14** kann durch verschiedene Attribute gekennzeichnet werden. Ein erstes Attribut für eine Verbrauchereinheit **14** ist von der Zuordnung, insbesondere der Zugehörigkeit dieser Verbrauchereinheit **14** zu einem Abschnitt **12** gebildet. Für verschiedene Arten von Verbrauchern wird ein zweites Attribut definiert, welches von der Priorität abhängt, mit welcher den Verbrauchern der jeweiligen Art Leistung zuzuweisen ist, und einer Verteilungspriorität entspricht. Es ist eine Gruppe von Verteilungsprioritäten gemäß den verschiedenen Verbrauchertypen definiert, wobei den Verbrauchereinheiten **14** jeweils eine Verteilungspriorität zugewiesen ist.

[0037] Jeder Verbrauchereinheit **14** kann demnach in Bezug auf diese Attribute ein Paar von Kenngrößen zugeordnet werden, wobei eine matrizielle Darstellung der Anordnung von Verbrauchereinheiten **14** möglich ist.

[0038] Diese matrizielle Darstellung ist in **Fig. 2** gezeigt. Wie in dieser Figur dargestellt sind die Verbrauchereinheiten **14** des Schienenfahrzeugs **10** – mittels einer Abschnittskenngröße **A** – als einem Abschnitt **12** zugeordnet und – mittels einer Prioritätskenngröße **P** – als einer bestimmten Verteilungspriorität zugewiesen gekennzeichnet. In dieser Matrix entspricht eine Zeile einem Wert der Prioritätskenngröße **P** und eine Spalte entspricht einem Wert der Abschnittskenngröße **A**. Ein Matrixelement entspricht demnach einer bestimmten Verbrauchereinheit **14** oder es ist ein leeres Element. Die Werte der Prioritätskenngröße **P** sind Zahlen, wobei die Verteilungspriorität mit zunehmenden Werten der Prioritätskenngröße **P** absteigt. Der Wert „1“ entspricht demnach der größten Verteilungspriorität und – bei einer Gruppe von Verteilungsprioritäten mit **n** Prioritätsklassen – der Wert „**n**“ entspricht der kleinsten Priorität. Die Werte der Abschnittskenngröße **A** sind Zahlen, die jeweils der Position des Abschnitts **12** im Schienenfahrzeug **10** entsprechen.

[0039] Oberhalb der Matrix ist schematisch der jeweilige Status der Trennmittel **22** an den Abschnittsübergängen **20** dargestellt. Im betrachteten Beispiel sind alle Trennmittel **22** in einer leitenden Stellung, sodass die Zugsammelschiene **18** fahrzeugweit nicht unterbrochen ist.

[0040] Die Verteilung von elektrischer Leistung über den Satz von Verbrauchereinheiten **12** des Schienenfahrzeugs **10** wird im Folgenden beschrieben.

[0041] In einem ersten Schritt wird eine für die gesamte Gruppe von Abschnitten **12** verfügbare Leistung ermittelt. Beispielsweise kann diese Leistung der Summe der durch die Leistungsversorgungseinheiten **16** zur Verfügung stehenden Leistungen entsprechen.

[0042] Die Leistungsverteilung entspricht einer Folge von Erteilungsvorgängen, die jeweils auf eine unterschiedliche Verbrauchereinheit **14** bezogen sind. Dabei erfolgen Erteilungsvorgänge für unterschiedliche Paare der Abschnittskenngröße **A** und Prioritätskenngröße **P** bzw. für unterschiedliche Matrixelemente. In den Erteilungsvorgängen wird jeweils zumindest eine Leistung ermittelt, die der jeweiligen Verbrauchereinheit **14** zu erteilen ist, und zwar auf der Basis eines von der Verbrauchereinheit **14** gemeldeten Leistungsbedarfs, einer zur Verfügung stehenden Leistung und der zugewiesenen Verteilungspriorität. Die zur Verfügung stehende Leistung, die die Grundlage für einen Erteilungsvorgang ist, kann sich aus der gesamten Leistung ergeben, von welcher die Summe der in vorherigen Erteilungsvorgängen erteilten Leistungen abgezogen wird. Nach Abschluss eines Erteilungsvorgangs wird die für die weiteren Erteilungsvorgänge noch zur Verfügung stehende Leistung aktualisiert. Die im Erteilungsvorgang ermittel-

te, der jeweiligen Verbrauchereinheit **14** zu erteilende Leistung kann abhängig von den oben genannten Faktoren dem von der Verbrauchereinheit **14** gemeldeten Leistungsbedarf oder einer kleineren Leistung, wie insbesondere einer Nullleistung, entsprechen.

[0043] Für die Leistungserteilung der Verbrauchereinheiten **14** werden die Verbrauchereinheiten **14** beginnend mit der höchsten Verteilungspriorität behandelt. Es erfolgt ein Prioritätsdurchlauf der Matrix gemäß **Fig. 2**, in welchem diese zeilenweise durchgelaufen wird. Dies wird mittels gestrichener Pfeile dargestellt. Es werden hierbei sukzessive Zeilendurchläufe gemäß absteigenden Verteilungsprioritäten bzw. steigenden Werten der Prioritätskenngröße **P** ausgeführt. Ein Zeilendurchlauf, in welchem – für einen gegebenen Wert der Prioritätskenngröße **P** – die Spalten der Matrix durchgelaufen werden, entspricht einem Abschnittsdurchlauf, in welchem – für diesen gegebenen Wert der Prioritätskenngröße **P** – ein Erteilungsvorgang sukzessiv für alle Werte der Abschnittskenngröße **A**, die den Abschnitten **12** der Gruppe von Abschnitten **12** entsprechen, ausgeführt wird. Besteht, für ein gegebenes Paar der Abschnittskenngröße **A** und der Prioritätskenngröße **P** keine Verbrauchereinheit **14** mit diesen Attributen entspricht der Erteilungsvorgang lediglich der Erteilung einer Nullleistung oder einer bloßen Inkrementierung der Abschnittskenngröße **A** und ggf. der Prioritätskenngröße **P**.

[0044] Der Prioritätsdurchlauf kann unterbrochen werden, wenn weitere Leistungserteilungen aufgrund der übrigen, zur Verfügung stehenden Leistung nicht möglich sind. In diesem Fall erfolgt der Prioritätsdurchlauf für eine Untergruppe von Verteilungsprioritäten.

[0045] Es ist jedoch vorteilhaft, dass der Prioritätsablauf fortgeführt wird, auch wenn die zur Verfügung stehende Leistung keiner weiteren Erteilung einer positiven Leistung bei Erteilungsvorgängen erlaubt. Dieser Fall kann z.B. eintreten, wenn eine oder mehrere Verbrauchereinheiten **14** mit hoher Verteilungspriorität einen hohen Leistungsbedarf melden, diesen Verbrauchereinheiten **14** eine entsprechende Leistung erteilt wird und die nach diesen Leistungserteilungen zur Verfügung stehende Leistung für die weitere Erteilung einer positiven Leistung für Verbrauchereinheiten **14** mit niedrigeren Verteilungsprioritäten nicht ausreicht. In diesem Fall wird diesen Verbrauchereinheiten **14** mit niedrigeren Verteilungsprioritäten eine „Nullleistung“ erteilt, was – für bereits betriebene Verbrauchereinheiten **14** – einem Ausschaltbefehl oder – für sich im ausgeschalteten Zustand befindenden Verbrauchereinheiten **14** – einer Schaltsperre entspricht.

[0046] Melden mehrere Verbrauchereinheiten **14** einen hohen Anlaufleistungsbedarf, kann in wieder-

holten Prioritätsdurchläufen abhängig vom jeweiligen Anlaufleistungsbedarf und von einer verfügbaren Leistung jeweils nur einer Verbrauchereinheit **14** mit hoher Anlaufleistung eine Schaltfreigabe gegeben bzw. eine positive Leistung erteilt werden. Melden mehrere Verbrauchereinheiten **14** mit gleicher Verteilungspriorität einen Anlaufleistungsbedarf, wird hierbei – pro Prioritätsdurchlauf – jeweils einer Verbrauchereinheit **14** mit hoher Anlaufleistung eine Schaltfreigabe erteilt.

[0047] Mit wiederholten Prioritätsabläufen kann bei Bedarf die gesamte zur Verfügung stehende Leistung vorteilhaft über die Verbrauchereinheiten **14** gemäß ihrer jeweiligen Verteilungspriorität neu verteilt werden.

[0048] Ein Erteilungsvorgang für eine Verbrauchereinheit **14** erfolgt wie oben beschrieben auf der Basis eines von der Verbrauchereinheit **14** gemeldeten Leistungsbedarfs, einer für die Erteilung zur Verfügung stehenden Leistung und der Verteilungspriorität. Zusätzlich kann die Ermittlung der zu erteilenden Leistung auf der Basis der Kenngröße $I_{Ü}$ für eine Übergangsleistung an zumindest einem Abschnittsübergang **20** erfolgen (siehe auch **Fig. 1**). Auf der Basis der für die Verbrauchereinheiten **14** erteilten Leistungen, der Anordnung der Einspeisungspunkte **19** der Leistungsversorgungseinheiten **16** und der von diesen zur Verfügung gestellten Leistung kann an den Abschnittsübergängen **20**, an welchen das jeweilige Trennmittel **22** eine Leistungsübertragung zwischen benachbarten Abschnitten **12** zulässt, die Kenngröße $I_{Ü}$ für diese Übergangsleistung ermittelt werden. In einem Erteilungsvorgang einer Verbrauchereinheit **14** stellt eine maximale, nicht zu überschreitende Übergangsleistung an den Abschnittsübergängen **20** eine weitere Randbedingung dar. Durch die Leistungserteilung an eine Verbrauchereinheit **14** darf kein Abschnittsübergang **20** überlastet werden. Die Kenngrößen $I_{Ü}$ werden insbesondere nach Abschluss von jedem Erteilungsvorgang aktualisiert.

[0049] Im anhand der **Fig. 1** und **Fig. 2** betrachteten Beispiel befinden sich alle Trennmittel **22** in leitender Stellung, wodurch die Zugsammelschiene **18** fahrzeugweit nicht unterbrochen ist. Es erfolgt bei einem Prioritätsdurchlauf ein Erteilungsvorgang für die Werte der Abschnittskenngröße A , die der gesamten Gruppe von Abschnitten **12.1** bis **12.7** zugeordnet sind. Da ein Abschnittsdurchlauf für die Werte der Prioritätskenngröße P erfolgt, welche der gesamten Gruppe von Verteilungsprioritäten zugeordnet sind, wird im Prioritätsdurchlauf ein Erteilungsvorgang für jede Verbrauchereinheit **14** der gezeigten Matrix durchgeführt.

[0050] In diesem Beispiel wurde ferner davon ausgegangen, dass alle Leistungsversorgungseinheiten **16** einwandfrei funktionsfähig sind.

[0051] **Fig. 3** zeigt das Schienenfahrzeug **10** aus **Fig. 1** bei einem Ausfall einer der Leistungsversorgungseinheiten **16**, insbesondere der im Abschnitt **12.2** angeordneten Leistungsversorgungseinheit **16**. Durch den Ausfall entsteht eine Überschreitung der maximal zulässigen Übergangsleistung an zumindest einem der Abschnittsübergänge **20**. Beispielsweise wird angenommen, dass ein erhöhter Strom mit dem Wert $I_{Ü} = 100$ A am Abschnittsübergang **20** zwischen den Abschnitten **12.4** und **12.5** entsteht.

[0052] Die Erfassung des Überschreitens der maximal zulässigen Übergangsleistung löst folgende Schritte aus. Es wird zunächst das Vorzeichen des Übergangstroms bzw. der Kenngröße $I_{Ü}$ an diesem Abschnittsübergang **20** erfasst. Dadurch kann ermittelt werden – bezogen auf die Längsrichtung des Schienenfahrzeugs **10** – auf welcher Seite des Abschnittsübergangs **20** der größte Leistungsbezug besteht bzw. eine Verringerung von Leistungen durchgeführt werden muss, damit die Kenngröße $I_{Ü}$ auf einen zulässigen Wert reduziert wird.

[0053] Das Schienenfahrzeug **10** wird hierbei virtuell in zwei Untergruppen **24.A** und **24.B** von Abschnitten **12.1** bis **12.4** einerseits und **12.5** bis **12.7** andererseits unterteilt, wobei die Untergruppen **24.A** und **24.B** beidseitig des Abschnittsübergangs **20** mit überschrittenem Übergangstrom angeordnet sind. Dies ist in **Fig. 4** dargestellt, welche der matriziellen Darstellung aus **Fig. 2** entspricht.

[0054] Es erfolgt ein Leistungsentzug in der Untergruppe **24.A**, in welcher gemäß dem erfassten Vorzeichen der Kenngröße $I_{Ü}$ der größte Leistungsbezug besteht. Hierzu wird ein Prioritätsdurchlauf nur in der Untergruppe **24.A** durchgeführt, wobei sukzessive Abschnittsabläufe mit aufsteigender Verteilungspriorität durchgeführt werden. Dies ist mittels Pfeilen schematisch dargestellt. In diesen Abschnittsabläufen werden nur die Werte der Abschnittskenngröße A abgetastet, die der Untergruppe **24.A** von Abschnitten **12.1** bis **12.4** zugeordnet sind. Es erfolgt demnach kein Erteilungsvorgang für die Abschnitte **12.5** bis **12.7** der zweiten Untergruppe **24.B**. Im Prioritätsdurchlauf wird mit der niedrigsten Verteilungspriorität bzw. der größten Prioritätskenngröße P begonnen. In den Erteilungsvorgängen wird grundsätzlich eine Nullleistung erteilt, was einem Ausschalten bzw. einer Startsperrung der jeweiligen Verbrauchereinheiten **14** entspricht. Die Kenngrößen $I_{Ü}$ werden nach jedem Erteilungsvorgang erneut berechnet oder mittels Sensoren neu erfasst. Der Prioritätsdurchlauf in der Untergruppe **24.A** wird unterbrochen, wenn die maximal zulässige Übergangsleistung an den Abschnittsübergängen **20** unterschritten ist.

[0055] Im anhand der Fig. 3 und Fig. 4 erläuterten Beispiel erfolgte eine logische Unterteilung der gesamten Gruppe von Abschnitten 12.1 bis 12.7 in zwei Untergruppen 24.A und 24.B, die einer logischen Unterteilung entspricht und nach Herstellung von zulässigen Übergangsleistungen an den Abschnittübergängen 20 behoben wird.

[0056] Fig. 5 zeigt einen weiteren Anwendungsfall, in welchem eine Unterteilung der Gruppe von Abschnitten 12.1 bis 12.7 physikalisch erfolgt. Diese Unterteilung erfolgt durch ein Trennmittel 22, welches die Zugsammelschiene 18 an einer Stelle unterbricht, wodurch eine aufgeteilte Zugsammelschiene 18 entsteht. Beispielsweise wird die Zugsammelschiene 18 am Abschnittübergang 20 zwischen den Abschnitten 12.4 und 12.5 unterbrochen, wodurch zwei voneinander getrennte Untergruppen 25.A und 25.B von Abschnitten 12.1 bis 12.4 bzw. 12.5 bis 12.7 gebildet werden. Die physikalische Trennung soll derart erfolgen, dass für jede Untergruppe 25.A und 25.B eine Leistungseinspeisung durch zumindest eine Leistungsversorgungseinheit 16 erfolgen kann.

[0057] Bezüglich der Leistungsverteilung wird in jeder Untergruppe 25.A, 25.B wie für die gesamte Gruppe von Abschnitten 12.1 bis 12.7 oben erläutert vorgegangen. Jede Untergruppe wird bezüglich der Leistungsversorgung wie eine autarke Einheit betrachtet, in welcher jeweils Prioritätsdurchläufe ausgeführt werden. Bei einem Prioritätsdurchlauf in einer Untergruppe erfolgen die Abschnittsdurchläufe nur für die Werte der Abschnittskenngröße A, die der jeweiligen Untergruppe zugeordnet sind.

[0058] Das Schienenfahrzeug 10 weist in zumindest einem der Abschnitte 12 bzw. einem der Wagen eine Steuereinheit 26 auf, die mit den Leistungsversorgungseinheiten 16 sowie den Verbrauchereinheiten 14 in Wirkverbindung steht und zur Ausführung der Verteilung der elektrischen Leistung gemäß dem oben beschriebenen Verfahren vorgesehen ist. Außerdem können an den Abschnittübergänge Sensoreinheiten angeordnet sein, die zur Erfassung der Kenngröße I_U dienen. Wird diese Kenngröße bei den Erteilungsvorgängen berücksichtigt, steht die Steuereinheit 26 ebenfalls in Wirkverbindung mit den Sensoreinheiten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verteilung einer elektrischen Leistung über eine Vielzahl von Verbrauchereinheiten (14.1–14.8) eines Schienenfahrzeugs (10), bei welchem

- das Schienenfahrzeug (10) in einer Gruppe von Abschnitten (12.1–12.7) unterteilt ist, wobei zumindest eine Leistungsversorgungseinheit (16) für die Gruppe vorgesehen ist und die Abschnitte (12.1–12.7) paarweise durch einen Abschnittübergang (20) mitein-

ander verbunden sind, über welchen eine Leistungsübertragung herstellbar ist,

- eine Gruppe von Verteilungsprioritäten definiert ist und den Verbrauchereinheiten (14.1–14.8) jeweils eine Verteilungspriorität zugewiesen ist,
- die Verbrauchereinheiten (14.1–14.8) mittels einer Abschnittskenngröße (A) als einem Abschnitt (12.1–12.7) zugeordnet und mittels einer Prioritätskenngröße (P) einer Verteilungspriorität zugewiesen gekennzeichnet sind,
- in einem Erteilungsvorgang eine für eine Verbrauchereinheit (14.1–14.8) zu erteilende Leistung in Abhängigkeit eines Leistungsbedarfs, einer zur Verfügung stehenden Leistung und der zugewiesenen Verteilungspriorität ermittelt wird,
- in einem Abschnittsdurchlauf Erteilungsvorgänge für einen gegebenen Wert der Prioritätskenngröße (P) und die Werte der Abschnittskenngröße (A), die zumindest einer Untergruppe der Gruppe von Abschnitten zugeordnet sind, ausgeführt werden und
- ein Prioritätsdurchlauf, in welchem ein Abschnittsdurchlauf für die Werte der Prioritätskenngröße (P), die zumindest einer Untergruppe der Gruppe von Verteilungsprioritäten zugeordnet sind, ausgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prioritätsdurchlauf mehrmals während eines Betriebs der Verbrauchereinheiten (14.1–14.8) ausgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Erteilungsvorgang die Ermittlung der zu erteilenden Leistung von einer Kenngröße (I_U) für eine Übergangsleistung an zumindest einem Abschnittübergang (20) abhängt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schienenfahrzeug (10) mehrere Wagen aufweist, wobei die Abschnitte (12.1–12.7) jeweils einem unterschiedlichen Wagen entsprechen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei dem Prioritätsdurchlauf sukzessive Abschnittsdurchläufe mit absteigender Verteilungspriorität ausgeführt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei dem Prioritätsdurchlauf die Erteilungsvorgänge der Abschnittsdurchläufe für die Werte der Abschnittskenngröße (A) ausgeführt werden, die der Gruppe von Abschnitten (12.1–12.7) zugeordnet sind.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei dem Prioritätsdurchlauf die Abschnittsdurchläufe für die Werte der Prioritätskenn-

größe (P) ausgeführt werden, die der Gruppe von Verteilungsprioritäten zugeordnet sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schienenfahrzeug (10) in zumindest zwei Untergruppen (24.A, 24.B; 25.A, 25.B) von gekoppelten Abschnitten (12) unterteilt ist und ein Prioritätsdurchlauf für zumindest eine der Untergruppen (24.A; 25.A, 25.B) ausgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Trennmittel (22) eine Leistungsübertragung zwischen den Untergruppen (25.A, 25.B) verhindert, eine unterschiedliche Leistungsversorgungseinheit (16) für jede der Untergruppen (25.A, 25.B) vorgesehen ist und ein Prioritätsdurchlauf für jede Untergruppe (25.A, 25.B) ausgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass Kenngrößen (I_{ij}) für die Übergangsleistung über Abschnittsübergänge (20) erfasst werden, eine Bedingung für eine kritische Übergangsleistung vorgegeben ist und bei Eintritt der Bedingung an einem Abschnittsübergang (20) folgende Schritte ausgeführt werden:

- logische Unterteilung des Schienenfahrzeugs (10) in zwei Untergruppen (24.A, 24.B) von Abschnitten (12) beidseitig des Abschnittsübergangs (20),
- Erfassung einer Kenngröße (I_{ij}), die von der den Untergruppen (24.A, 24.B) jeweils zugewiesenen Leistung abhängt,
- in der Untergruppe (24.A), welcher die größte Leistung zugewiesen ist, Ausführung eines Prioritätsdurchlaufs, bei welchem sukzessive Abschnittsdurchläufe mit aufsteigender Verteilungspriorität ausgeführt werden und den entsprechenden Verbrauchereinheiten (14) Leistung entzogen wird.

11. Schienenfahrzeug mit einer Gruppe von Abschnitten (12.1–12.7), mit zumindest einer Leistungsversorgungseinheit (16), die zur Versorgung der Gruppe vorgesehen ist, wobei die Abschnitte (12.1–12.7) paarweise durch einen Abschnittsübergang (20) miteinander verbunden sind, über welchen eine Leistungsübertragung herstellbar ist, mit Verbrauchereinheiten (14.1–14.8), die jeweils einem der Abschnitte (12.1–12.7) zugeordnet sind, und mit einer Steuereinheit (26), welche mit der Leistungsversorgungseinheit (16) und den Verbrauchereinheiten (14.1–14.8) verbunden ist und zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche vorgesehen ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

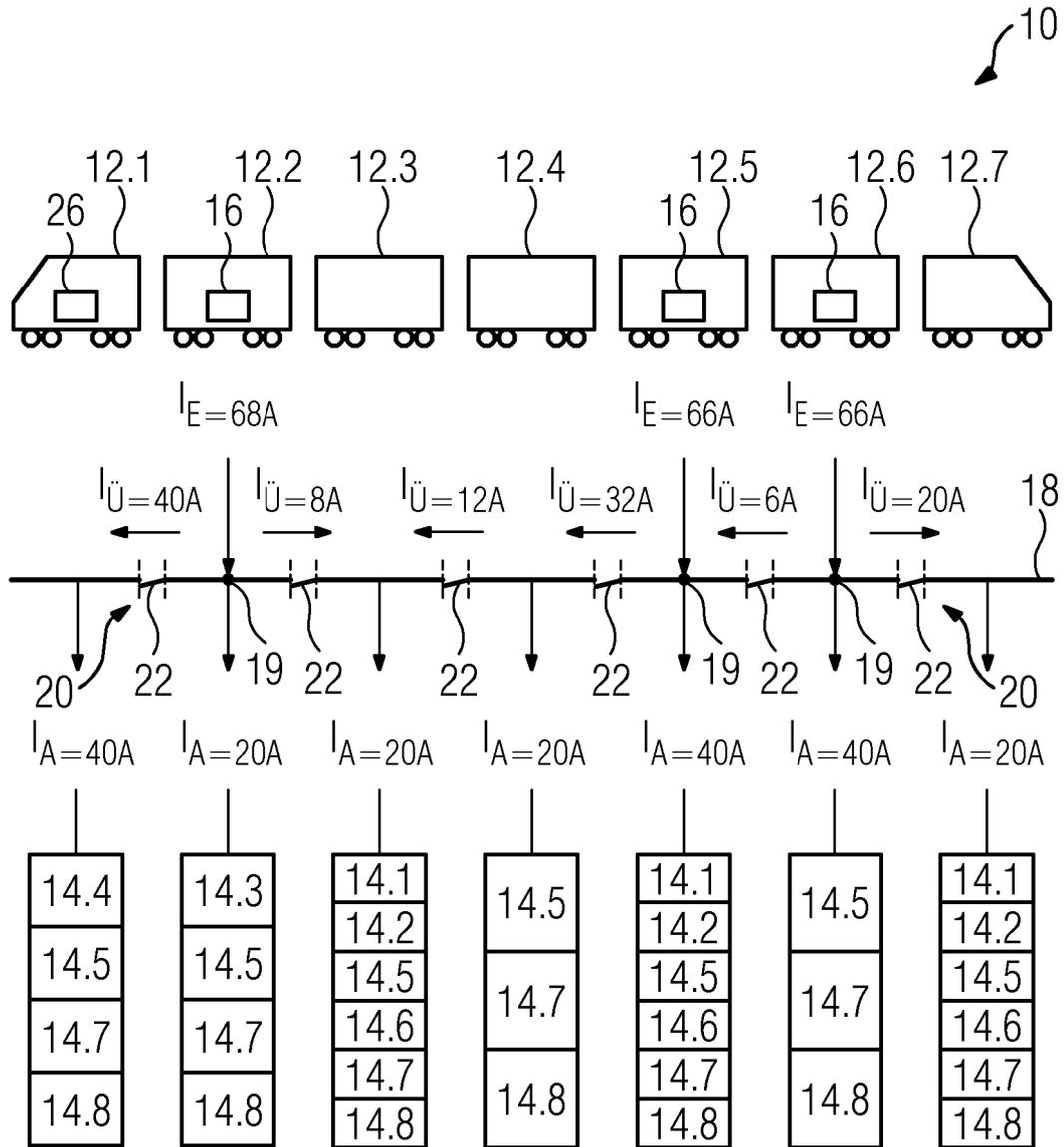


FIG 2

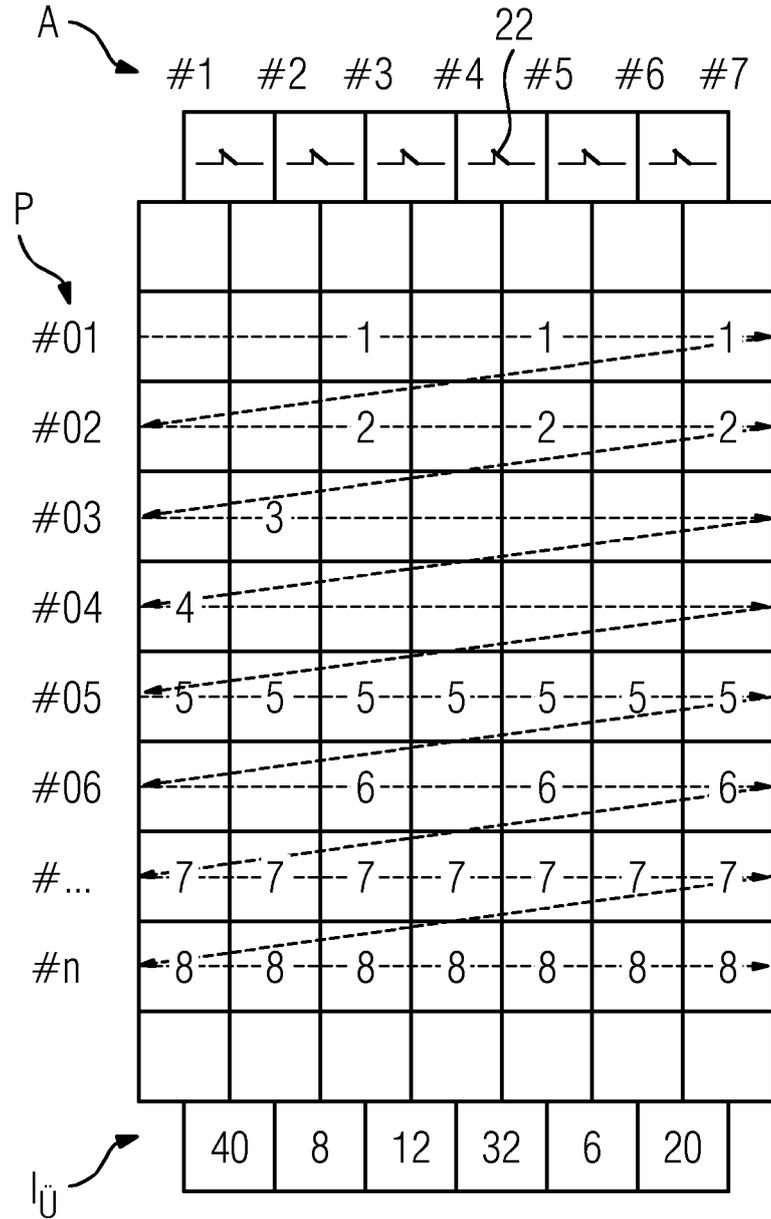


FIG 3

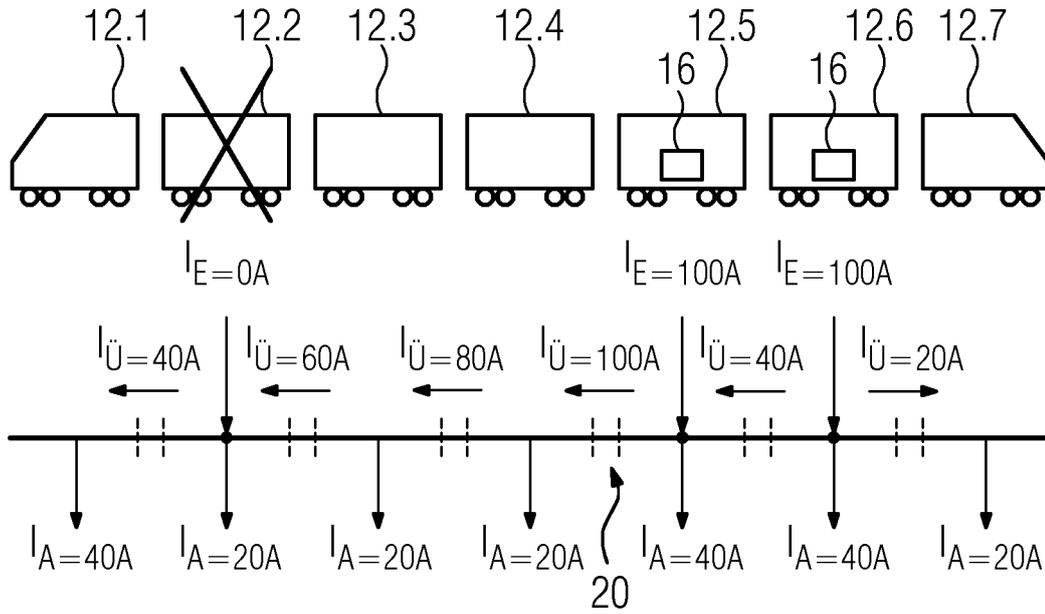


FIG 4

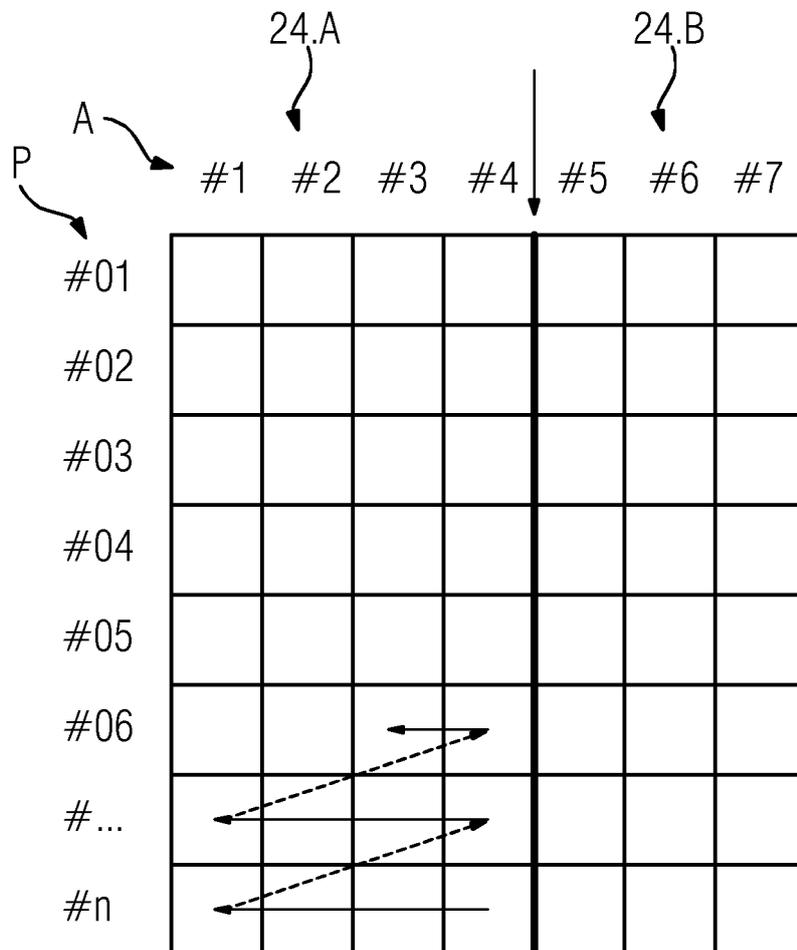


FIG 5

