



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 045 448.9**  
(22) Anmeldetag: **07.10.2009**  
(43) Offenlegungstag: **24.02.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B60L 11/18 (2006.01)**  
**B60S 5/06 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:  
**10 2009 038 167.8 20.08.2009**

(71) Anmelder:  
**Wallner, Stefan, 82008 Unterhaching, DE**

(74) Vertreter:  
**Weickmann & Weickmann, 81679 München**

(72) Erfinder:  
**gleich Anmelder**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

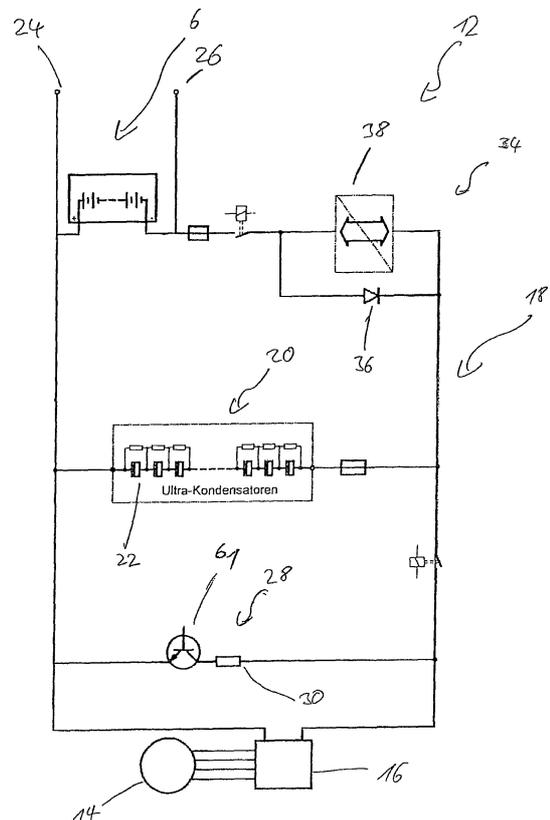
**EP 18 10 869 A1**  
**DE 10 2007 004172 A1**  
**DE 198 13 146 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Energieoptimierter Fahrtrieb**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Fahrzeug für einen Fahrbetrieb in Etappen zwischen jeweiligen Batteriewechselstützpunkten mit etwaigen Zwischenhaltestellen, mit einem Elektromotor (14) als Hauptantriebsmotor und mit einer Energieversorgungseinrichtung für den Elektromotor, die wenigstens eine wiederaufladbare Wechselbatterie (6) als Basisenergiequelle des Elektromotors (14), deren Energieinhalt im vollständig geladenen Zustand so bemessen ist, dass sie den voraussichtlichen Energiebedarf des Fahrzeugs für die jeweils aktuelle Etappe zum nächsten Batteriewechselstützpunkt vorzugsweise mit einer Sicherheitsmarge von 150% bis 500% abdecken kann, wenigstens einen elektrischen Kondensator (22) für die Bereitstellung von Energie für temporären Hochlastbetrieb des Elektromotors (14) und eine bedarfsweise aktivierbare Reserveenergieversorgungseinheit zur Bereitstellung von elektrischer Energie für den Fall eines den Energieinhalt der wiederaufladbaren Wechselbatterie (6) überschreitenden Energiebedarfs des Elektromotors (14) für eine Fahrt zum nächsten Batteriewechselstützpunkt aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Fahrzeug, welches in einem Fahrbetrieb in Etappen, beispielsweise einem Buslinienverkehr, eingesetzt werden kann. Das Fahrzeug wird mit einem Elektromotor angetrieben, der durch eine wiederaufladbare Batterie mit Energie versorgt wird.

**[0002]** Linienbusse liefern zum innerstädtischen Personennahverkehr einen erheblichen Beitrag. Linienbusse werden meist noch mit fossilen Brennstoffen, wie zum Beispiel Dieseldieselkraftstoff betrieben. Trotz des schon geringen Verbrauchs pro Fahrgast, bieten die Fahrzeuge, die im Personennahverkehr üblicherweise auf stets wiederholt durchfahrenen Strecken betrieben werden, ein erhebliches Einsparungspotential sowohl für den Energieverbrauch als auch für die CO<sup>2</sup> Emission.

**[0003]** Es werden bereits verschiedene Antriebsvarianten für derartige Fahrzeuge eingesetzt, die den Verbrauch fossiler Brennstoffe verringern oder gänzlich auf fossile Brennstoffe verzichten. So ist es bekannt, mit generatorisch betriebenen Verbrennungsmotoren elektrische Energie für einen elektrischen Antrieb eines Fahrzeugs bereitzustellen. Zusätzlich können hier Hochleistungsbatterien oder Hochleistungskondensatoren (so genannte Ultra-Caps) Energie für kurzfristig hohen Leistungsbedarf, wie beim Beschleunigen oder bei Bergfahrten bereitstellen.

**[0004]** Eine weitere Effizienzsteigerung lässt sich durch die Rückgewinnung von Bremsenergie und deren Speicherung in der Batterie und/oder den Kondensatoren erreichen. Dabei wird der Elektromotor des Fahrzeugs generatorisch und somit als „Bremse“ betrieben.

**[0005]** Noch weiter bezüglich des Energieverbrauchs optimiertere Hybridantriebe verwenden anstelle des Verbrennungsmotors eine Brennstoffzelle, die chemisch elektrische Energie erzeugt. Zum Stand der Technik wird diesbezüglich z. B. auf die EP 1868837 B1 verwiesen. Eine Brennstoffzelle dient bei dem bekannten Antrieb als Hauptenergiequelle für den Elektromotor. Zur Bereitstellung kurzfristiger Spitzenleistungen sind sowohl eine Batterie als „Minuten-Speicher“ und eine Mehrzahl von in Reihe geschalteten Hochleistungskondensatoren als „Sekunden-Speicher“ vorgesehen. Bremsenergie kann durch den generatorisch betriebenen Elektromotor in die Batterie und die Kondensatoren rückgespeichert werden.

**[0006]** Allen vorstehend beschriebenen Energieversorgungssystemen ist gemein, dass die Hauptenergiequelle nach wie vor fossiler Brennstoff oder andere kontinuierlich zugeführte, chemisch in elektrische Energie umsetzbare Energieträger sind. Um nahezu

vollständig auf solche Energieträger verzichten zu können werden bereits Fahrzeuge eingesetzt, die mit einer Batterie als Hauptenergiequelle betrieben werden. Die wissenschaftliche Entwicklung in den letzten Jahren hat die Leistungsdaten von Batterien, wie zum Beispiel Energieinhalt, minimale Ladezeit oder die entnehmbare Leistung so gesteigert und die Kosten derart gesenkt, dass Batterien als alleinige Energieversorgung für Fahrzeuge, insbesondere Busse, praktikabel und wirtschaftlich interessant wurden. So wurden bereits Busse eingesetzt, in denen eine genügend groß dimensionierte Batterie verbaut wurde, um den Fahrbetrieb des Busses über den gesamten Tag sicherzustellen. Um die Energie für diesen Betrieb bereitzustellen, muss die Batterie einen sehr hohen Energieinhalt aufweisen, was zu erheblichen Batteriekosten und zu einem sehr großen Gewicht der Batterie führt.

**[0007]** Ein weiterhin limitierender Faktor bei diesem System ist die Wiederaufladung der Batterie. Für die Wiederaufladung der Batterie eines Fahrzeugs der oben genannten Art, werden verschiedene Möglichkeiten angeboten. Bei einer fest verbauten Batterie im Fahrzeug muss die Batterie innerhalb einer üblicherweise kurzen Standzeit des Busses vollständig wieder aufgeladen werden. Eine solch schnelle Aufladung wirkt sich nachteilig auf die Lebensdauer der Batterie aus.

**[0008]** Es wurden auch induktive Ladelösungen an beispielsweise Zwischenhaltestellen des Busses vorgeschlagen. Hierbei muss aber in sehr kurzer Zeit eine sehr große Energiemenge in die Batterie geladen werden, was wieder die oben genannten Nachteile mit sich bringt.

**[0009]** Es wurde auch schon vorgeschlagen, Busse mit einer Wechselbatterie zu betreiben, derart, dass am Ende des Fahrbetriebs eines Tages die nahezu entladene Batterie gegen eine im Depot vollständig geladene Batterie auszutauschen ist. Dies erlaubt es, die Batterie wesentlich langsamer zu laden und damit ihre Lebensdauer zu erhöhen. Nachteilig wirkt sich bei dieser Möglichkeit allerdings das große Volumen und das sehr hohe Gewicht der Batterie und der robusten Batteriehalterungen am Bus aus. Solch schwere Batterien können nicht auf dem Dach des Busses abgestützt werden, da sie die Dachstabilität überfordern und den Schwerpunkt erheblich nach oben verlagern würden; statt dessen werden solche Batterien meist in einem schwer zugänglichen Bodenbereich des Busses verbaut.

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Fahrzeug mit einer kostengünstigen Energieversorgung bereitzustellen, die weitgehend auf physikalisch oder chemisch umzusetzende und kontinuierlich zuzuführende Treibstoffe verzichtet und dessen Energiemanagement nur geringen Aufwand erfor-

dert.

**[0011]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Fahrzeug für einen Fahrbetrieb in Etappen zwischen jeweiligen Batteriewechselstützpunkten mit etwaigen Zwischenhalttestellen, mit einem Elektromotor als Hauptantriebsmotor und mit einer Energieversorgungseinrichtung für den Elektromotor, die wenigstens eine wiederaufladbare Wechselbatterie als Basisenergiequelle des Elektromotors, deren Energieinhalt im vollständig geladenen Zustand so bemessen ist, dass sie den voraussichtlichen Energiebedarf des Fahrzeugs für die jeweils aktuelle Etappe zum nächsten Batteriewechselstützpunkt mit einer Sicherheitsmarge von z. B. 150%–500% abdecken kann und eine bedarfsweise aktivierbare Reserveenergieversorgungseinheit zur Bereitstellung von elektrischer Energie für den Fall eines den Energieinhalt der wiederaufladbaren Wechselbatterie überschreitenden Energiebedarfs des Elektromotors für eine Fahrt zum nächsten Batteriewechselstützpunkt aufweist.

**[0012]** Vorzugsweise umfasst die Energieversorgungseinrichtung zusätzlich wenigstens einen elektrischen Kondensator für die Bereitstellung von Energie für temporären Hochlastbetrieb des Elektromotors.

**[0013]** Ein in einem Linienverkehr betriebener Linienbus fährt üblicherweise eine vorherbestimmte Etappe ab, bevor er wieder zu seiner Endhaltestelle zurückkehrt. Diese Etappe wird dann wiederholt am Tag durchfahren. Meist sind die Etappen vergleichsweise kurz und werden beispielsweise in einer Zeit von etwa einer Stunde durchfahren. Da erfindungsgemäß eine Batterie im Fahrzeug verbaut ist, deren Energieinhalt mit einer bestimmten Sicherheitsmarge von vorzugsweise 150%–500%, insbesondere 150%–250%, ausreicht, um das Fahrzeug auf der Etappe mit Energie zu versorgen, kann eine wesentlich kleinere und damit leichtere und kostengünstigere Batterie verbaut werden, als sie für einen Fahrbetrieb über den ganzen Tag nötig wäre. Um die Batterie auf einer Fahrt nicht vollständig zu entladen und auch eine gewisse Reserve mit zu führen, ist vorzugsweise der Energieinhalt der Batterie in der oben erwähnten Weise derart bemessen, dass er in etwa dem 1,5 bis 5-fachen, insbesondere dem 1,5 bis 2,5-fachen des voraussichtlichen Energiebedarfs des Fahrzeugs auf der jeweiligen aktuellen Etappe entspricht.

**[0014]** Um eine Tiefenentladung der Batterie oder gar ein Liegenbleiben des Fahrzeugs bei unerwartet erhöhtem Energiebedarf zu verhindern, wie er beispielsweise durch Umleitungsstrecken auf der üblichen Fahrstrecke des Fahrzeugs oder durch anhaltenden Stop- and Go-Verkehr verursacht werden kann, wird eine bedarfsweise aktivierbare Reserveenergieversorgungseinheit zur Verfügung gestellt, die

normalerweise gar nicht zum Einsatz kommt. Diese Reserveenergieversorgungseinheit speist über einen Generator elektrische Energie in das System ein und lädt so die Batterie. Vorzugsweise ist die Reserveenergieversorgungseinheit ein Verbrennungsmotor, welcher einen Generator betreibt.

**[0015]** Bevorzugt ist die Maximalleistung des Verbrennungsmotors kleiner als 60 kW, insbesondere kleiner als 30 kW.

**[0016]** Die Reserveenergieversorgungseinheit soll lediglich ein Notaggregat darstellen, das eine Fahrt zum nächsten Batteriewechselstützpunkt sicherstellt. Die Reserveenergieversorgungseinheit soll daher so klein dimensioniert sein, dass sie einen möglichst geringen Verbrauch, wenig Platzbedarf und geringes Gewicht hat. Sie wird also für den Hauptbetrieb des Fahrzeugs unterdimensioniert und daher nicht in der Lage sein, das Fahrzeug in üblicher Art und Weise zu betreiben.

**[0017]** Zum Bereitstellen von Energie für einen temporären Hochlastbetrieb, wie beispielsweise beim Beschleunigen können wenigstens ein, vorzugsweise mehrere in Reihe geschaltete elektrische Kondensatoren zur Verfügung stehen. Aufgrund der rein elektrostatischen Energiespeicherung in den Kondensatoren können diese ohne Beschädigung schnell be- und entladen werden und weisen dabei eine relativ geringe Verlustleistung bei gleichzeitig nahezu unmittelbarer Leistungsbereitstellung auf.

**[0018]** Besonders bevorzugt ist es, dass die Energieversorgungseinrichtung eine Steuereinrichtung umfasst, die dazu eingerichtet ist, bei Unterschreiten eines vorbestimmten Teilentladezustandes der wiederaufladbaren Wechselbatterie die Reserveenergieversorgungseinheit automatisch zuzuschalten.

**[0019]** Vorzugsweise entspricht dieser Teilentladezustand 30% bis 60% des Vollladezustandes. Weiterhin ist das Fahrzeug vorzugsweise dazu eingerichtet, elektrisch umgesetzte Bremsenergie in die Batterie oder/und den Kondensator zu speichern, vorzugsweise durch den Betrieb des Elektromotors als Generator. Die Rückgewinnung von Bremsenergie erhöht weiterhin die Energieeffizienz des Antriebs. Gerade durch den regelmäßigen Halt an Zwischenhalttestellen in einem Linienverkehr fällt erheblich Bremsenergie an.

**[0020]** Simulationen des Erfinders haben gezeigt, dass der Energieinhalt der Batterie vorzugsweise so zu dimensionieren ist, dass für jeden Kilometer einer Wegstrecke eine Energie zwischen 1,0 und 1,6 kWh, insbesondere 1,3 kWh einen optimalen Fahrbetrieb eines durchschnittlichen Linienbusses erlaubt. Dieser Wert kann in Abhängigkeit von dem Fahrzeuggewicht variieren und unter Umständen auch von dem

angegebenen Intervall abweichen.

**[0021]** Vorzugsweise ist das Fahrzeug ein Linienbus.

**[0022]** Besonders bevorzugt wird eine Lithium-Ionen-Batterie als primäre Energiequelle.

**[0023]** Die erfindungsgemäße Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren für den Fahrbetrieb eines Fahrzeugs nach einem der vorhergehenden Ansprüche auf einer Fahrstrecke mit einer oder mehreren Etappen, wobei eine jeweilige Etappe durch einen ersten Batteriewechselstützpunkt als Anfangspunkt und einen zweiten Batteriewechselstützpunkt als Endpunkt begrenzt ist, wobei der Fahrbetrieb auf einer jeweiligen Etappe die folgenden Schritte umfasst: Zurücklegen einer Etappe von dem ersten Batteriewechselstützpunkt zum zweiten Batteriewechselstützpunkt; Anfahren etwaiger Zwischenhaltestellen auf der Etappe; wiederholtes Prüfen des Ladezustandes der wiederaufladbaren Wechselbatterie und automatisches Zuschalten der Reserveenergieversorgungseinheit, falls der Ladezustand einen vorbestimmten Teilentladezustandspegel unterschritten hat; Austauschen der Batterie am zweiten Batteriewechselstützpunkt gegen eine im Wesentlichen vollständig geladene Batterie.

**[0024]** Das Fahrzeug beginnt seine Fahrt auf einer Etappe bei einem ersten Batteriewechselstützpunkt mit einer im Wesentlichen vollständig geladenen Batterie. Auf der Etappe werden etwaige Zwischenhaltestellen angefahren. Beim Erreichen des zweiten Batteriewechselstützpunkts am Ende der Etappe ist die Batterie signifikant so entladen, dass sie wieder aufgeladen werden sollte. An diesem zweiten Batteriewechselstützpunkt wird sodann diese entladene Batterie gegen eine im Wesentlichen vollständig geladene Batterie ausgetauscht. Auf der Etappe findet ein stetiges Prüfen des Ladezustands der wiederaufladbaren Wechselbatterie statt. Wird ein vorbestimmter Teilentladezustand erreicht, was im Normalfall nicht geschehen sollte, da die Batterie ausreichend groß dimensioniert ist, wird die Reserveenergieversorgungseinheit automatisch zugeschaltet.

**[0025]** Um einen möglichst effizienten Fahrbetrieb zu gestalten, findet das Austauschen der Batterie an einem jeweiligen Batteriewechselstützpunkt vorzugsweise automatisch statt. Dies kann beispielsweise durch eine dafür vorgesehene Batteriewechselvorrichtung, in welche der Bus hinein fährt, geschehen. An einem solchen Batteriewechselstützpunkt kann dann beispielsweise ein Lager mit Ladestationen für die ausgetauschten Batterien vorgesehen sein. Vorzugsweise wird dieses Lager automatisch betrieben und vollständig geladene Batterien, die gegen entladene Batterien ausgewechselt werden sollen, ebenfalls automatisch ausgewählt. Besonders bevorzugt

ist es, wenn der erste und der zweite Batteriewechselstützpunkt derselbe Batteriewechselstützpunkt sind. Dies kann dann der Fall sein, wenn das Fahrzeug in einem Linienbetrieb betrieben wird, wobei es ausgehend von einer Endhaltestelle eine schleifenförmige Linie befährt und dann zu seiner Endhaltestelle zurückkehrt.

**[0026]** Es ist aber auch möglich, dass der Bus auf seiner Fahrstrecke mehrere verschiedene Batteriewechselstützpunkte anfährt, an denen wie oben beschrieben wiederaufladbare Wechselbatterien ausgetauscht werden. Die Verfahrensschritte auf einer einzelnen Etappe zwischen zwei Batteriewechselstützpunkten sind dieselben wie oben beschrieben. Das Energiemanagement ist somit an einen Etappen-Fahrbetrieb angepasst, wobei kleine, leicht gewichtige und preisgünstige Standardbatterien verwendet werden können, bei denen es auf die zum erneuten Laden erforderliche Zeit nicht besonders ankommt. Es müssen daher nicht teure Batterien mit Schnellladeeigenschaften verwendet werden.

**[0027]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben.

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt einen mittels Elektromotor angetriebenen Gelenkbus mit einer Batterie auf seinem Dach als Energieversorgung;

**[0029]** [Fig. 2](#) zeigt eine elektrische Schaltung mit einer Batterie zur Energieversorgung des Elektromotors des Gelenkbusses der [Fig. 1](#);

**[0030]** [Fig. 3](#) zeigt Verfahrensschritte für den Betrieb eines Linienbusses, der auf einer geschlossenen Etappe verkehrt, wobei jeweils an der Endhaltestelle die Batterie gewechselt wird;

**[0031]** [Fig. 4](#) zeigt die Verfahrensschritte zum Betrieb eines mit einer Batterie betriebenen Fahrzeuges auf einer Fahrstrecke mit mehreren Etappen.

**[0032]** In der [Fig. 1](#) ist ein Gelenkbus **2** gezeigt, wie er häufig in einem Linienverkehr eingesetzt wird. Der Gelenkbus **2** wird durch einen nicht gezeigten Elektromotor angetrieben. Dieser Elektromotor wird primär durch eine auf dem Dach **4** des Gelenkbusses **2** angebrachte wiederaufladbare Wechselbatterie **6** mit Energie versorgt. Die Batterie **6** ist durch eine Befestigungsvorrichtung **8** so auf dem Dach angebracht, dass sie leicht ausgewechselt werden kann. Die Batterie **6** ist insbesondere so angebracht, dass sie durch eine automatische Batteriewechselvorrichtung vom Dach **4** des Busses **2** abgenommen werden kann und in entsprechender Weise durch eine baugleiche Batterie ersetzt werden kann.

**[0033]** Die Batterie ist weiterhin mit einem Schutz **10**

versehen, um sie vor Umwelteinflüssen zu schützen. Für den Schutz **10** gilt ebenfalls, dass dieser so aufgebaut ist, dass ein einfacher und schneller Zugriff beim automatischen Batteriewechsel durch eine automatische Batteriewechselvorrichtung erfolgen kann.

**[0034]** Aufgrund der günstigen Leistungsdaten handelt es sich bei der Batterie vorzugsweise um eine Lithiumionenbatterie.

**[0035]** Die Batterie **6** ist die primäre Energiequelle für den elektrischen Antrieb des Busses **2**. Der Energieinhalt der Batterie ist dabei so dimensioniert, dass er ausreicht, den Bus **2** in seinem normal ablaufenden Linienverkehr auf seiner Fahrstrecke von der Endhaltestelle entlang der gesamten Linie wieder zurück zur Endhaltestelle mit Energie zu versorgen. Es kann z. B. eine Sicherheitsmarge von 150%–250% kalkuliert sein, so dass der Bus unter den normalen Bedingungen die 1,5 bis 2,5-fache Etappenstrecke mit der Batterie als Energiequelle zurücklegen könnte. Ein gewisses Maß an Batteriereserve ist zweckmäßigerweise für die Fahrzeugklimatisierung zu berücksichtigen.

**[0036]** Die in [Fig. 2](#) gezeigte Schaltungsanordnung **12** ermöglicht auf Basis einer Batterie **6** als Grundenergieversorgungsquelle darüber hinaus eine zufriedenstellende Energieversorgung des Busses **2** in nahezu sämtlichen Fahrsituationen. Der Elektromotor **14** des Busses **2** wird über einen Wandler **16** angesteuert. Der Wandler **16** wandelt die in einem Schaltkreis **18** bereitgestellte Gleichspannung in Wechselspannung für den Betrieb des Elektromotors **14** um. Der Antriebsmotor **14** kann z. B. eine permanent erregte Synchronmaschine sein. Die Antriebsmaschine **14** kann auch als Generator betrieben werden, so dass die bei Generatorbetrieb erzeugte Leistung, beispielsweise bei einem Bremsvorgang im Wandler **16** in Gleichspannung umgewandelt wird und in den Schaltkreis **18** eingespeist wird. Es können selbstverständlich auch mehrere Antriebsmaschinen verwendet werden, die auf einer jeweiligen Radnarbe des Fahrzeugs plaziert sind und entsprechend in den Schaltkreis eingebunden sind.

**[0037]** Zur Energieversorgung der Antriebsmaschine **14** stehen neben der Batterie **6** zwei weitere Energieversorgungssysteme zur Verfügung. Um kurzfristig hohe Leistungen bereitstellen zu können, sind als zweite Energieversorgungseinheit **20** mehrere Speicher zur Speicherung von elektrischer Ladung, insbesondere in Reihe geschaltete Doppelschichtkondensatoren **22** (Ultra-Caps) zur Batterie **6** parallel geschaltet. Die Kondensatoren, insbesondere Ultra-Caps, weisen eine sehr hohe Energiedichte auf und speichern Energie elektrostatisch. Im Gegensatz zu einem chemischen Energiespeicher wie einer Batterie, kann ein Kondensator hohe Leistungen schnell

aufnehmen bzw. abgeben.

**[0038]** Die in Reihe geschalteten Kondensatoren **22** dienen beim Betrieb des Busses **2** dazu, bei Beschleunigungsvorgängen oder bei Bergfahrten kurzzeitig eine hohe Leistung bereit zu stellen, insbesondere eine Leistung, die das Leistungsvermögen der Batterie überschreiten würde. Im normalen Fahrbetrieb sind die Kondensatoren **22** auf die Batteriespannung geladen.

**[0039]** Der Energieinhalt der Batterie **6** ist so bemessen, dass er den Bus **2** auf seiner üblichen Fahrstrecke von seiner Endhaltestelle entlang seiner Linie wieder zurück zur Endhaltestelle mit Energie versorgen kann. Sollten unvorhergesehene Streckenverlängerungen, wie beispielsweise Umleitungen aufgrund von Baustellen, oder energieintensiver übermäßiger Stop- and Go-Verkehr auftreten, wird die Batterie **6** aufgrund des erhöhten Energieverbrauchs weiter als üblich entladen. Um Beschädigungen der Batterie zu vermeiden und weiterhin eine ausreichende Leistung für den Fahrbetrieb aufrecht zu erhalten, ist daher ein Verbrennungsmotor (nicht gezeigt) vorgesehen, der einen Generator, etwa eine übliche Lichtmaschine antreibt. Der Generator ist an Anschlussstellen **24**, **26** in den Schaltkreis **18** eingebunden und ebenfalls zur Batterie **6** parallel geschaltet. In Situationen, in denen die Batterie **6** weiter als erlaubt entladen wird, speist der generatorisch betriebene Verbrennungsmotor über die Anschlüsse **24**, **26** Energie in den Schaltkreis **18** ein und lädt die Batterie **6**.

**[0040]** Wie schon oben beschrieben, kann die Antriebsmaschine **14** auch als Generator betrieben werden, so dass bei einem Abbremsen des Fahrzeuges die Verzögerungsleistung durch den Generator erzeugt wird und dieser Strom über den Wandler **16** in den Stromkreis **18** einspeist. Die dabei erzeugte Energie wird in der Batterie **6** bzw. den Kondensatoren **22** zwischengespeichert, bis deren maximale Ladekapazität erreicht wird. Bei vollen Speichern kann die Bremsleistung in einem Bremssteller **28** vernichtet werden. Der Bremssteller **28** besteht aus einem Bremswiderstand **30** und einem Leistungsschalter **61**.

**[0041]** Die bei einem Bremsvorgang anfallende hohe Leistung stellt für die Kondensatoren **22** kein Problem dar, jedoch muss die Ladeleistung der Batterie **6** geregelt werden. Dies geschieht über eine Batterieladeregelung **34**. Die Batterieladeregelung besteht aus einer Diode **36** und einem dazu parallel geschalteten DCDC-Wandler **38**. Der Energiefluss von der Batterie in den Elektromotor fließt entweder über den DCDC-Wandler **38** oder, wenn die Kondensatoren **22** ausreichend entladen sind, über die Diode **36**. Bei Energiefluss von der generatorisch betriebenen Antriebsmaschine **14** sperrt

die Diode **36** und die Ladeleistung wird durch den DCDC-Wandler **38** geregelt.

**[0042]** Mit der vorangehend beschriebenen Energieversorgungsschaltung **12** kann somit der Fahrbetrieb des Busses **2** in sämtlichen Fahrsituation sichergestellt werden. Im Normallastbetrieb versorgt die Batterie **6** die Antriebsmaschine mit Energie. Bei kurzzeitig anfallender hoher Leistung, wie bei Beschleunigungsvorgängen oder Bergfahrten, unterstützen die Kondensatoren **22** die Energieversorgung. Sollte die Batterie durch unvorhergesehene Umstände unerlaubt weit entladen werden, stellt der Generator des Verbrennungsmotors Energie zur Ladung der Batterie bereit.

**[0043]** Im Fahrbetrieb eines im Linienverkehr betriebenen Busses **2** wird der Energieinhalt der Batterie so gewählt, dass die Energie ausreicht, um den Bus **2** auf seiner ständig wiederholt durchfahrenen Etappe von seiner Endhaltestelle zur Umkehrhaltestelle und wieder zurück zur Endhaltestelle mit Energie zu versorgen. An der Endhaltestelle wird dann die Batterie **2**, die z. B. bis auf 40% bis 50% ihrer vollen Ladekapazität entladen ist, gegen eine baugleiche geladene Batterie ausgetauscht. Die entladene Batterie wird dann an der Endhaltestelle wieder aufgeladen. Dabei kann die Ladezeit der Batterie bis zu ihrem vollständig geladenen Zustand in etwa der Zeit entsprechen, die der Bus zum Durchfahren der gesamten Etappe benötigt. Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, startet also der Bus am Anfangspunkt der Etappe, fährt auf der Etappe verschiedene Zwischenhaltestellen an und trifft schließlich am Endpunkt der Etappe ein. Der Endpunkt der Etappe ist bei einem in einer Schleife fahrenden Bus gerade wieder der Anfangspunkt der nächsten Etappe. Am Endpunkt der Etappe bzw. Anfangspunkt der Etappe findet dann der Batteriewechsel statt. Der Batteriewechsel erfolgt dabei durch ein automatisches Batteriewechselsystem. Nach dem Batteriewechsel durchfährt der Bus **2** erneut die Etappe und kehrt wieder zum Anfangspunkt zurück. Wieder wird die entladene Batterie gegen die in dieser Zeit vollständig aufgeladene Batterie ausgetauscht. Die nun entladene Batterie wird am Batteriewechselstützpunkt geladen. Durch dieses Betriebsverfahren ist es möglich den Bus mit wenigen, klein dimensionierten Batterien, die ständig gewechselt werden, kontinuierlich zu betreiben.

**[0044]** Der Bus muss nicht zwangsläufig in einer schleifenförmigen Etappe fahren, wo er stets wieder zum Anfangspunkt der Etappe zurückkehrt und die Batterie immer am selben Batteriewechselstützpunkt gewechselt wird. Bei längeren Fahrstrecken sind mehrere Batteriewechselstützpunkte auf der gesamten Fahrstrecke vorgesehen. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, durchfährt der Bus die erste Etappe. Am Endpunkt der ersten Etappe wird die Batterie gegen eine vollständig geladene Batterie gewechselt. Die entladene

Batterie wird an diesem Batteriewechselstützpunkt geladen. Der Bus kann nun eine zweite Etappe zu einem nächsten Batteriewechselstützpunkt durchfahren, wo wieder ein Batteriewechsel stattfindet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass der Bus vom Endpunkt der ersten Etappe nach dem Batteriewechsel zum Anfangspunkt der ersten Etappe zurückkehrt. Hier wird wiederum die Batterie gewechselt. Hat der Bus eine zweite Etappe durchfahren, ist von diesem Batteriewechselstützpunkt eine Rückkehr zum Anfangspunkt der zweiten Etappe möglich. Der Bus kann aber auch zu einem anderen Batteriewechselstützpunkt weiterfahren beispielsweise dem Anfangspunkt der ersten Etappe.

**[0045]** Wie in [Fig. 4](#) angedeutet, lässt sich selbstverständlich die Zahl der Etappen bzw. Batteriewechselstützpunkte beliebig erhöhen. Es ist nur stets darauf zu achten, dass der Energieinhalt der an einem jeweiligen Batteriewechselstützpunkt eingesetzten Batterie so gewählt ist, dass der Energieinhalt ausreicht, um die folgende Etappe zu durchfahren.

**[0046]** Wie aus der vorhergehenden Beschreibung deutlich wird, ist das Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeuges mit einer oder mehreren Wechselbatterien äußerst flexibel. Daher ist es nicht nur auf den Betrieb eines Linienbusses beschränkt, der stets die selbe Linie abfährt, sondern es ist auch möglich beispielsweise ein Taxi oder ein in der Stadt betriebenes Lieferfahrzeug mit solch einem System zu versorgen. Gerade im innerstädtischen Betrieb sind auch hier die zurückzulegenden Etappen bzw. Fahrten vergleichbar lang. Batteriewechselstützpunkte in Form von Taxisständen sind ebenfalls vorhanden.

**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**

- EP 1868837 B1 [\[0005\]](#)

**Patentansprüche**

als Generator.

1. Fahrzeug, insbesondere Linienbus, für einen Fahrbetrieb in Etappen zwischen jeweiligen Batterie-wechselstützpunkten mit etwaigen Zwischenhaltestellen, mit

– einem Elektromotor (14) als Hauptantriebsmotor und

– mit einer Energieversorgungseinrichtung für den Elektromotor, die wenigstens eine wiederaufladbare Wechselbatterie (6) als Basisenergiequelle des Elektromotors (14), deren Energieinhalt im vollständig geladenen Zustand so bemessen ist, dass sie den voraussichtlichen Energiebedarf des Fahrzeugs für die jeweils aktuelle Etappe zum nächsten Batteriewechselstützpunkt vorzugsweise mit einer Sicherheitsmarge von 150% bis 500% abdecken kann, und

eine bedarfsweise aktivierbare Reserveenergieversorgungseinheit zur Bereitstellung von elektrischer Energie für den Fall eines den Energieinhalt der wiederaufladbaren Wechselbatterie (6) überschreitenden Energiebedarfs des Elektromotors (14) für eine Fahrt zum nächsten Batteriewechselstützpunkt aufweist.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reserveenergieversorgungseinheit ein Verbrennungsmotor ist, welcher einen Generator betreibt.

3. Fahrzeug nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Maximalleistung des Verbrennungsmotors kleiner als 60 kW, insbesondere kleiner als 30 kW ist.

4. Fahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieversorgungseinrichtung ferner wenigstens einen elektrischen Kondensator (22) für die Bereitstellung von Energie für temporären Hochlastbetrieb des Elektromotors (14) umfasst.

5. Fahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieversorgungseinrichtung eine Steuereinrichtung umfasst, die dazu eingerichtet ist, bei einem Teilentladungszustand der wiederaufladbaren Wechselbatterie (6) die Reserveenergieversorgungseinheit automatisch zuzuschalten.

6. Fahrzeug nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilentladungszustand 40%–50% des Vollladungszustandes ist.

7. Fahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es dazu eingerichtet ist, Bremsenergie in die Batterie (6) oder/und den Kondensator (22) zu speichern, vorzugsweise durch den Betrieb des Elektromotors (14)

8. Fahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie (6) einen Energieinhalt besitzt, der so dimensioniert ist, dass für jeden Kilometer einer Wegstrecke eine Energie zwischen 1,0 und 1,6 kWh, insbesondere 1,3 kWh, bereitgestellt werden kann.

9. Fahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Linienbus ist.

10. Fahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie (6) eine Li-Ionen-Batterie ist.

11. Verfahren für den Fahrbetrieb eines Fahrzeuges nach einem der vorhergehenden Ansprüche, auf einer Fahrstrecke mit einer oder mehreren Etappen, wobei eine jeweilige Etappe durch einen ersten Batteriewechselstützpunkt als Anfangspunkt und einen zweiten Batteriewechselstützpunkt als Endpunkt begrenzt ist, wobei der Fahrbetrieb auf einer jeweiligen Etappe die Schritte umfasst:

Zurücklegen einer Etappe von dem ersten Batteriewechselstützpunkt zum zweiten Batteriewechselstützpunkt;

Anfahren etwaiger Zwischenhaltestellen auf der Etappe;

wiederholtes Prüfen des Ladezustandes der wiederaufladbaren Wechselbatterie und automatisches Umschalten der Reserveenergieversorgungseinheit bei Unterschreiten eines vorbestimmtem Teilentladungszustandes;

Austauschen der Batterie am zweiten Batteriewechselstützpunkt gegen eine im Wesentlichen vollständig geladene Batterie.

12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch automatisches Austauschen der Batterie an einem jeweiligen Batteriewechselstützpunkt.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, gekennzeichnet durch Laden der ausgetauschten teilentladenen Batterie an dem jeweiligen Batteriewechselstützpunkt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Batteriewechselstützpunkt der selbe Batteriewechselstützpunkt sind.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

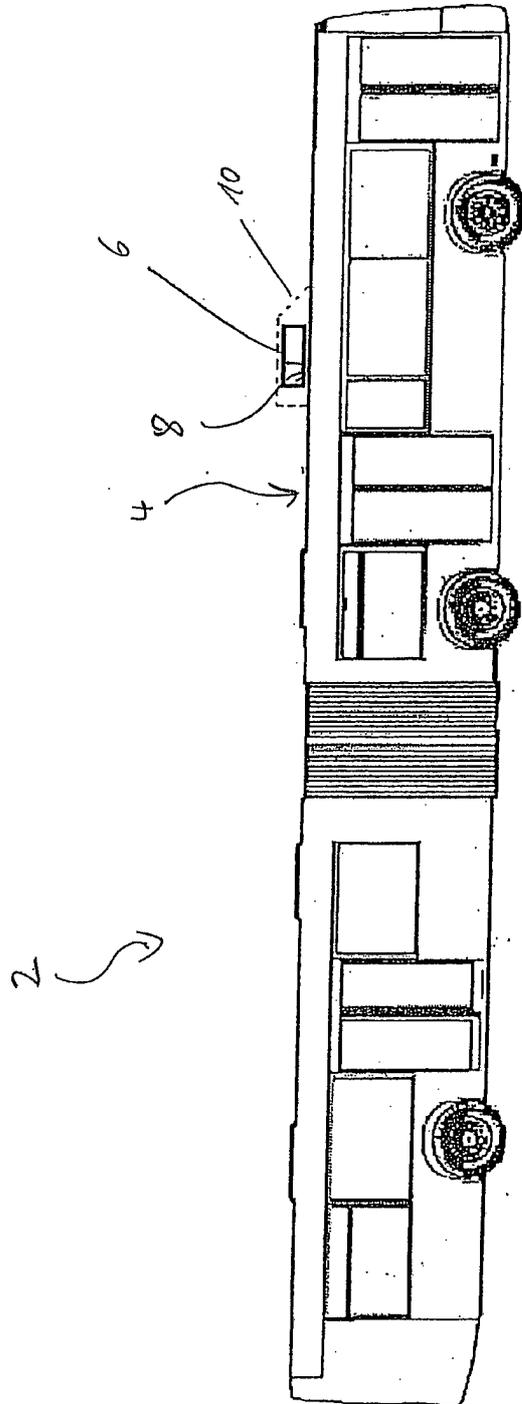


Fig. 1

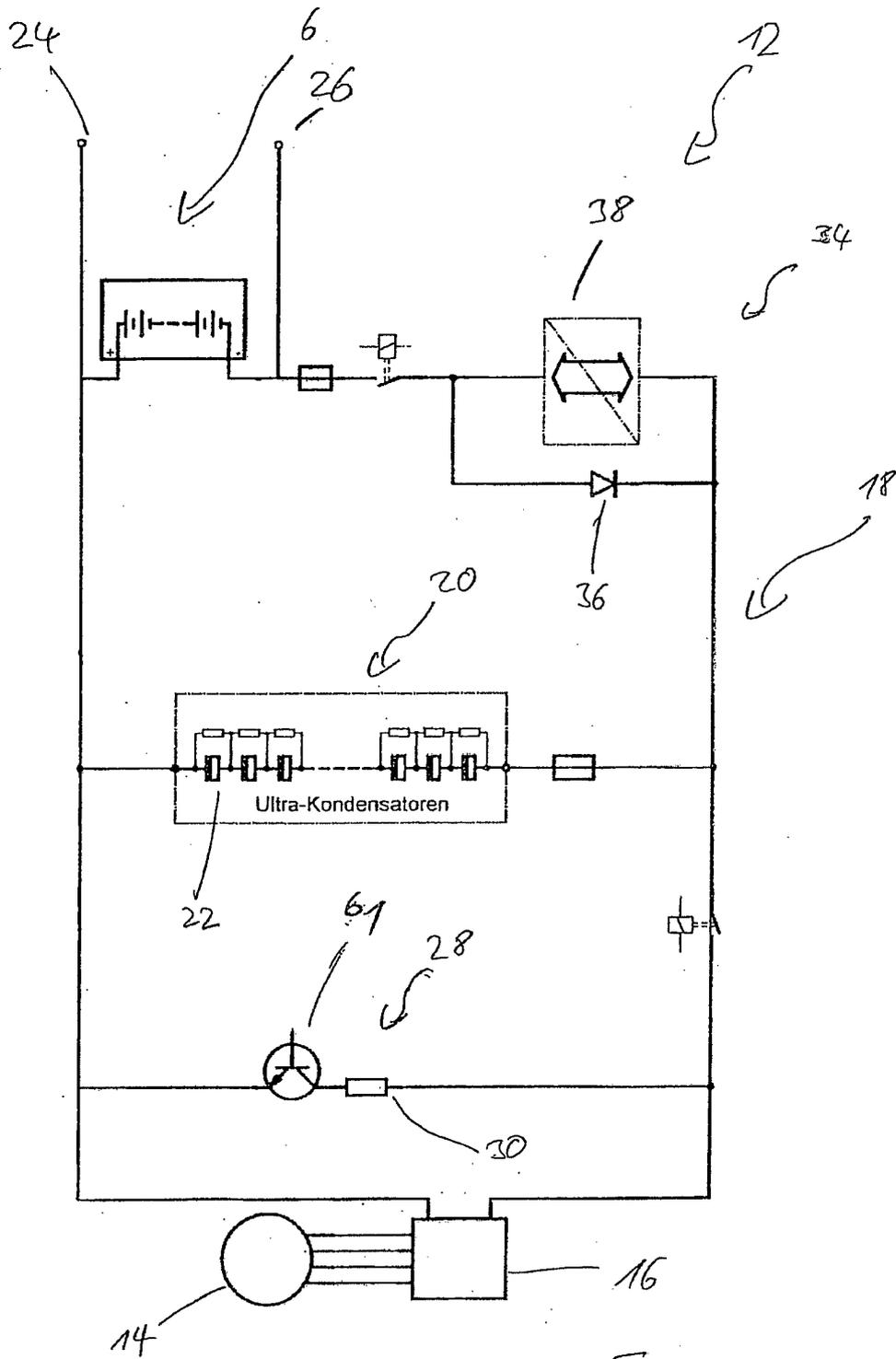


Fig. 2

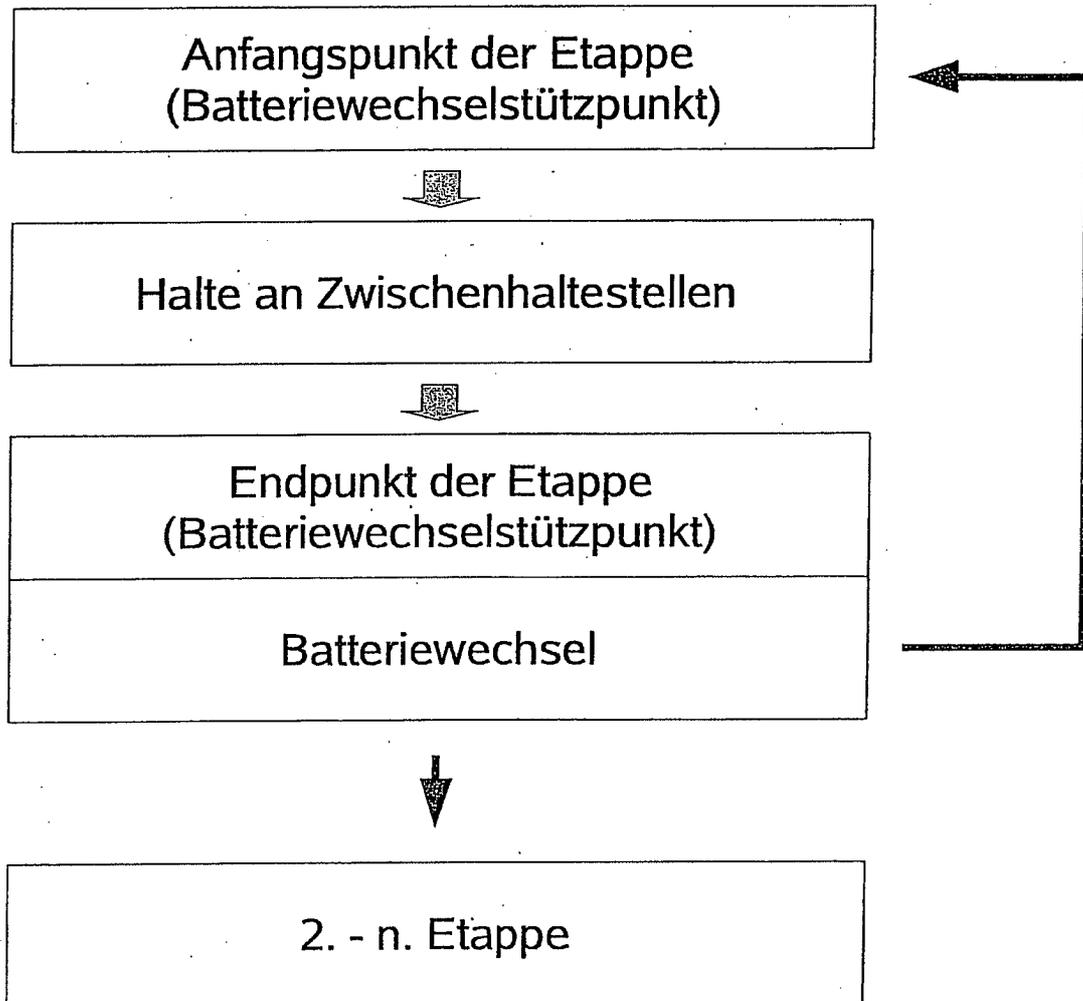


Fig. 3

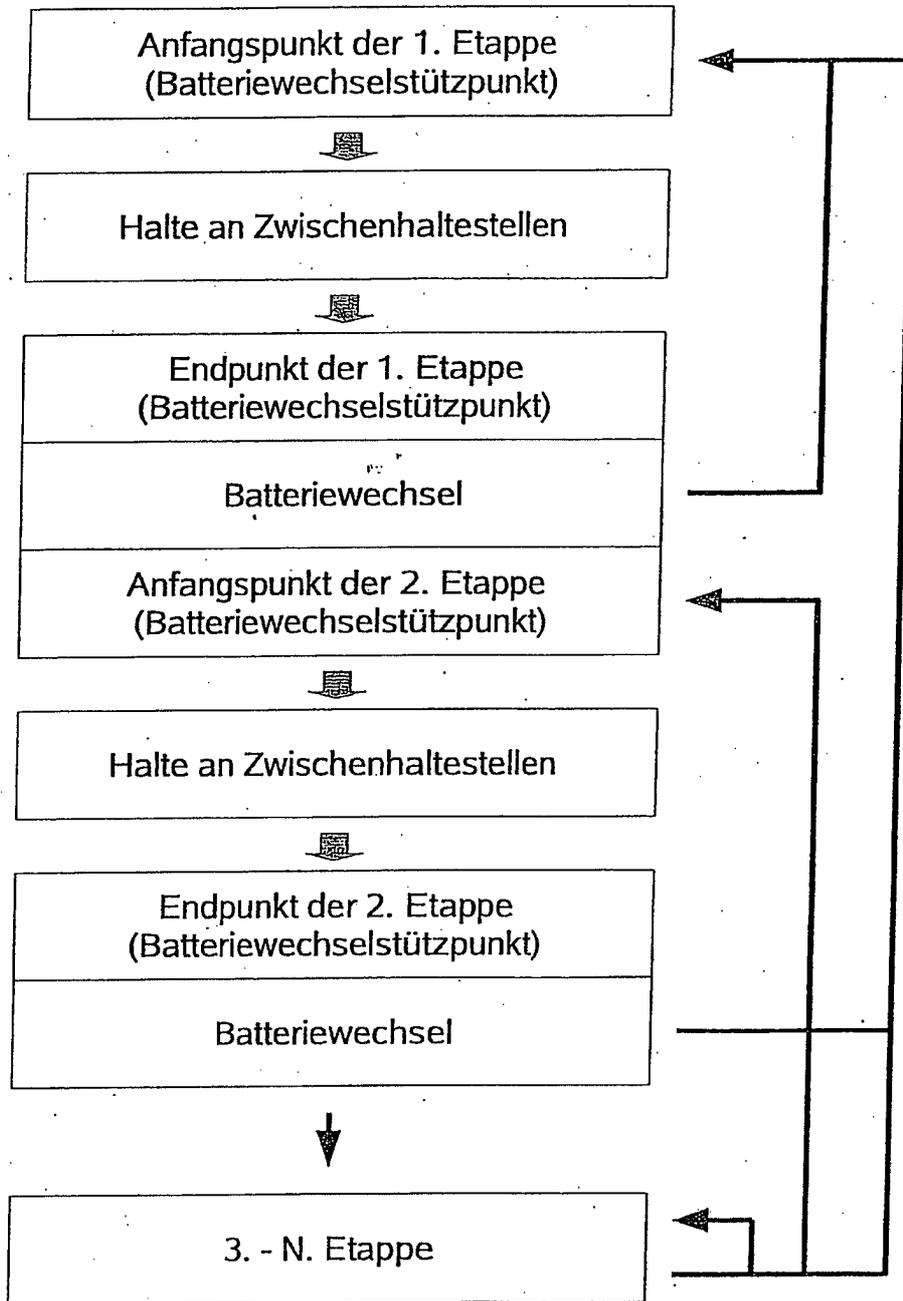


Fig. 4